



PLANETE SCIENCES - Secteur Espace

10 Rue du Marquis de Raies - 91080 Évry-Courcouronnes
Tél. : (+33)1 69 02 76 10 / infos@planete-sciences.org
Site Internet : www.planete-sciences.org/espace

Service Education Jeunesse

18, avenue Edouard Belin - 31401 TOULOUSE CEDEX 9
Tél. : (+33)5 61 27 31 14 / Fax : (+33)5 61 28 27 67
Site Internet : www.cnes.fr/enseignants-et-mediateurs

BallonBUS

CAHIER DES CHARGES

Cahier Planète Sciences / CNES

Références	
Version	2
Etat	Pour application
Date d'édition	1 Juillet 2022
Nb pages	17

SOMMAIRE

1. AVANT-PROPOS	3
2. CONTEXTE	4
3. QU'EST-CE QU'UN BSO ?	4
4. PRESENTATION DE L'OPERATION BALLONBUS	6
5. PUBLIC VISE	7
6. CAHIER DES CHARGES TECHNIQUES	7
6.1. LIEU ET DATE DU LACHER	7
6.2. MASSE MAXIMALE	7
6.3. DIMENSIONS	7
6.1. CONTENU	7
6.2. ENERGIE	8
6.3. STOCKAGE DES DONNEES	8
6.4. LARGAGE D'OBJETS	8
6.5. ENVIRONNEMENT	8
6.6. TENUE MECANIQUE	9
6.7. IDENTIFICATION	9
6.8. TRANSPORT	9
6.9. DOCUMENTATION	10
7. FINANCEMENT	10
8. SELECTION	10
9. PLANNING	10
10. CONDUITE DE PROJET	11
10.1. DEFINITION DES OBJECTIFS	12
10.2. L'AVANT-PROJET	12
10.3. LE PROJET	12
10.4. LA REALISATION	13
10.5. L'EXPLOITATION DES RESULTATS	13
11. DIFFUSION DES RESULTATS	13
12. MATRICE DE CONFORMITE	13
13. ANNEXE : LISTE DES ELEMENTS ET MATERIAUX INTERDITS ;	14
14. ANNEXE : MATRICE D'IDENTIFICATION DES RISQUES	15

Ce document est publié en accord avec le Centre National d'Etudes Spatiales.

Quel que soit le moyen technique utilisé, le fait que vous ayez obtenu ce document gratuitement n'en fait pas de vous le propriétaire. Ce document reste la propriété de Planète Sciences.

1. AVANT-PROPOS

Cette version remplace et annule les précédentes.

Assurez-vous auprès de Planète Sciences que vous disposez de la dernière version en cours.

Tout projet BallonBUS développé dans le cadre des activités proposées pour les jeunes par le CNES, Planète Sciences et ses associations relais, doit répondre aux spécifications décrites dans ce document.

Ce document a pour but de garantir le succès du projet en permettant la réalisation d'une expérience sûre et conforme aux contraintes d'embarquement sur les ballons stratosphériques ouverts (BSO) du CNES. Il n'est pas destiné à être un obstacle mais un guide d'aide à la conduite de projet. **Si certains points particuliers s'opposent à la spécificité de l'expérience, vous devez en avvertir Planète Sciences le plus tôt possible.** Ces points particuliers seront alors traités au cas par cas et s'ils le justifient, ils feront l'objet d'une dérogation écrite.

Les suiveurs de Planète Sciences et de ses associations relais sont chargés de s'assurer, tout au long du développement du projet, du respect des règles décrites dans ce Cahier des Charges. N'hésitez pas à les consulter en cas de difficultés d'application.

Le CNES et Planète Sciences se réservent le droit de rectifier le contenu de ce document en fonction de l'évolution des techniques, de la législation, des remarques faites par les Equipes, des conseils extérieurs, etc. En pratique, si votre expérience ou vos études permettent de préciser certains points de ce document, n'hésitez pas à nous en faire-part.

L'autorisation d'embarquer une expérience BallonBUS est donnée à l'issue des contrôles qui ont lieu lors d'une visite de qualification. Le CNES et Planète Sciences se réservent le droit de refuser l'embarquement quand l'expérience présentée ne correspond pas aux documents fournis au cours du projet et dans tous les cas quand l'expérience n'est pas conforme à ce Cahier des Charges.

Dans la suite de ce document, les acteurs et objets impliqués sont définis par les termes suivants :

- **Planète Sciences** : une des associations du réseau Planète Sciences ou une des associations qui collaborent pour l'organisation et le suivi de l'activité BallonBUS (délégations régionales ou relais),
- **Le CNES** : l'organisme qui soutient l'Opération en embarquant les expériences sur des nacelles pour réaliser des vols sous ballons BSO et en finance son suivi.
- **L'Animateur suiveur** ou suiveur : bénévole ou salarié du réseau Planète Sciences ou d'une association amie qui accompagne l'Equipe au cours de réalisation de l'expérience BallonBUS,
- **L'Equipe** : le groupe d'étudiants et son encadrement qui souhaite réaliser une expérience BallonBUS conforme à ce Cahier des Charges.
- **Le Cahier des Charges** : le présent document.
- **BallonBUS**, le nom de l'opération attachée à ce Cahier des Charges et par extension le nom de l'expérience réalisée par l'Equipe,
- **Nacelle Charges utiles (NCU)** : Plateforme d'accueil de l'ensemble des expérimentations embarquées.
- **Nacelles de servitude** : Désigne les moyens opérationnels faisant partie intégrante de la chaîne de vol et contribuant au contrôle et à la sécurité du vol.

2. CONTEXTE

Dès leur création le CNES (1961) et Planète Sciences (1962) se sont attachés à mettre à disposition des jeunes et de leur encadrement scolaire et périscolaire des outils pédagogiques leur permettant de s'initier aux sciences et aux techniques. Les outils proposés dans le cadre du partenariat CNES / Planète Sciences sont en relation avec le domaine spatial compte tenu de la mission du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Les principaux outils aujourd'hui disponibles sont :

- La micro-fusée : fabriquée en matériaux simples et légers (carton, balsa, ...) et propulsée vers 150 m par un propulseur à poudre agrée, elle a très rapidement convaincu les animateurs par ses atouts pédagogiques et ludiques. Aujourd'hui, plus de 50 000 micro fusées sont lancées en France chaque année. Cette activité s'oriente principalement vers les jeunes de 7 à 13 ans.
- La mini-fusée : fabriquée en plastique, métal et éventuellement avec des circuits électroniques elles mesurent environ 1 m de long et culmine vers 300 m. Les lancements, une centaine par an, sont effectués lors de campagnes régionales sur des terrains sécurisés. La tranche d'âge visée va de 13 à 18 ans.
- La fusée expérimentale : il s'agit d'engins de l'ordre de 10 kg qui culminent vers 1000 / 2000 m. L'objectif consiste à mettre en place des expériences sur le vecteur lui-même (mesure de vitesse, d'accélération, de rotation, etc.) ou sur son environnement (prise de vue, localisation, etc.). Une vingtaine de projets aboutissent chaque année et sont lancés lors d'une manifestation annuelle : le C'Space. La tranche d'âge visée est de 18 à 25 ans.
- Le CANSAT : un CANSAT repose sur l'idée de concevoir dans un volume réduit, correspondant à une canette de soda de 33 cl, une charge utile telle qu'un satellite, une sonde spatiale etc. Largué par un ballon captif d'une altitude de 300 m lors de manifestations dédiées (C'Space pour les étudiants ou CANSAT Lycéens), l'objet doit ralentir sa chute et effectuer sa mission au sol. L'activité vise les étudiants dans les filières technologiques, physiques, programmation etc.
- Les ballons expérimentaux : des collégiens, des lycéens, des clubs, des étudiants d'écoles supérieures réalisent des expériences, effectuant des mesures à bord et les transmettant au sol. Les expériences placées dans une nacelle de moins de 1,8 kg volent 3 heures environ, atteignent 30 km d'altitude, tractées par des enveloppes de ballons météorologiques. Une centaine de vols ont lieu chaque année.

Par ailleurs le CNES propose le programme pour la réalisation de Nanosatellites au sein des Universités et des écoles de l'enseignement Supérieur.

Avec ce cahier des charges, le CNES et Planète Sciences propose une activité nommée BallonBUS.

Un cahier des charges est un document de référence qui décrit les règles (les charges) à respecter pour pratiquer une activité. C'est une sorte de règlement auquel les Equipes se soumettent pour une pratique harmonieuse de l'activité. Ce Cahier des Charges est exclusivement destiné aux projets d'expérience BallonBUS menés dans le cadre des activités éducation jeunesse du CNES et de Planète Sciences.

3. QU'EST-CE QU'UN BSO ?

Un BSO est un ballon stratosphérique dont l'enveloppe est ouverte à sa base. Sous gonflé au décollage, l'hélium se détend au cours de la montée et remplit progressivement toute l'enveloppe. Le gaz en excès s'échappe par les ouvertures ce qui évite l'éclatement et simultanément égalise la poussée d'Archimède à la masse de la chaîne de vol (enveloppe + charge utile + accessoires). Le ballon plafonne alors à son altitude de croisière entre 30 et 40 km en fonction des volumes. En fin de mission, un ordre télécommandé provoque la séparation de l'enveloppe et la chaîne de vol est alors prise en charge par un ou des parachutes afin d'obtenir un atterrissage doux pour récupérer les instruments et les données.

Obtenu par soudage à chaud de bandes de polyéthylène de 25 microns d'épaisseur, les enveloppes sont en forme de goutte d'eau, pointe vers le bas. Les plus gros ballons fabriqués en France par la société CNIM Air Space près de Toulouse ont un volume atteignant 800.000 m³, des fuseaux de 180 m de long, un diamètre de 120 m à culmination pour une surface d'environ 5 hectares. Ils sont capables d'embarquer des nacelles scientifiques jusqu'à 1,1 tonnes. Pour couvrir les besoins, toute une gamme de ballons de tailles variées a été développée. Pour limiter les risques, les lâchers du CNES ont lieu sur des sites faiblement peuplés à Kiruna en Suède ou à Timmins au Canada. D'autres lieux sont possibles en fonction des objectifs scientifiques et des

coopérations internationales. En Suède et au Canada, les lâchers ont lieu au mois d'Aout, saison pendant laquelle les vents stratosphériques changeant de direction ont des vitesses moindres ce qui limite les distances parcourues. Les missions sont préparées à Aire sur l'Adour sur l'ancien site de lâcher français.

Ce type de ballon capable d'embarquer des charges lourdes pendant plusieurs heures sert principalement à l'étude de la physique et de la chimie de la haute atmosphère et à l'astronomie grâce à des nacelles pointées. L'observation en altitude réduit les effets de la turbulence atmosphérique. La phase de montée dure de 1 à 3 heures, la phase de croisière de 2 à 30 heures, la phase de descente sous parachute de l'ordre de 45 minutes. La vitesse verticale à l'atterrissage est d'environ 6 m/sec.

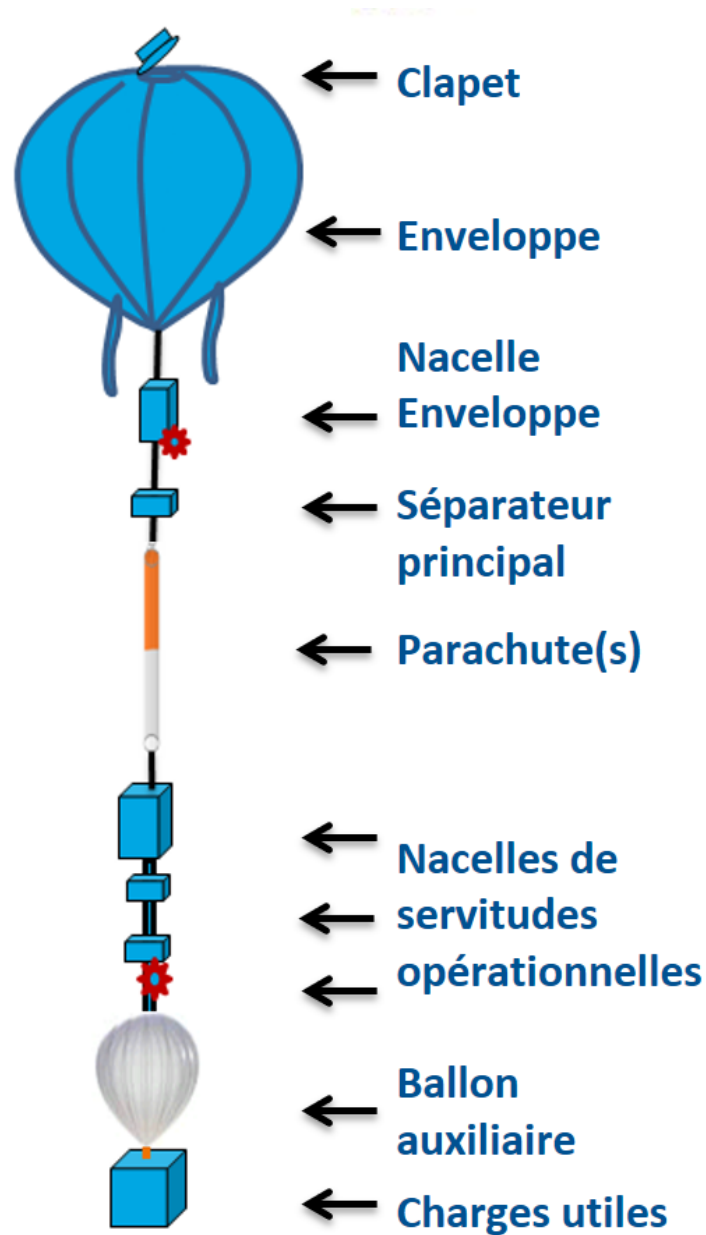


Figure 1 ; Schéma d'un BSO



Figure 2 : BSO en cours de gonflage

4. PRESENTATION DE L'OPERATION BALLONBUS

Des équipes d'étudiants développent soit dans un cadre académique avec le soutien de leurs enseignants soit dans un cadre de clubs scientifiques rattachés à leur école, des expériences embarquables sur des BSO CNES. Les expériences sont installées dans des nacelles **autonomes**.

« Autonomes » signifie qu'elles ne réclament pas de lien télémétrique montant ou descendant, les données étant enregistrées à bord. Seul une éventuelle liaison bord/sol LoRa est acceptée. Elles ne nécessitent aucune interface avec les équipements CNES, en dehors du système de fixation mécanique et l'alimentation électrique. Elles répondent aux charges décrites dans ce document.

Une fois terminée et validée, les expériences sont confiées au CNES qui les fera voler comme charge utile en fonction des opportunités de vols dont il dispose sur ses propres BSO. Les conditions météorologiques, les aléas techniques font que le CNES ne prend pas d'engagement sur la date exacte du vol au cours de la campagne. Néanmoins le CNES publiera un planning au cours du mois de mars. Les vols peuvent avoir lieu de jour comme de nuit. Le vol effectué, l'expérience est rendue à l'Equipe pour exploitation des données enregistrées dès le retour du matériel de campagne.

Le CNES souhaite que des étudiant(e)s participent aux opérations de mise en œuvre de leur expérience. De ce fait, il propose de prendre en charge le déplacement sur le lieu du lâcher jusqu'à deux étudiant(e)s de l'Equipe.

Le projet se termine par un compte rendu, transmis au CNES et à Planète Sciences.

Planète Sciences assure la sélection des Equipes, le suivi des projets, la vérification de la conformité de l'expérience au présent Cahier des Charges, la collecte des comptes rendus d'expériences et en rend compte au CNES.

L'Equipe a toute liberté pour le choix des expériences et des mesures associées. Néanmoins elle devra :

Ex 1 : Justifier que leur embarquement sur un BSO est la meilleure manière de les mener,

Ex 2 : Montrer en début de projet qu'elle dispose des moyens humains, compétences, budget et du temps pour mener à bien la réalisation de l'expérience BallonBUS et son exploitation.

Les mettre en œuvre conformément à ce document,

Il est probable que Planète Sciences reçoive plus de propositions de projets que d'opportunités de vols disponibles et donc une sélection devra être effectuée. L'opération BallonBUS est vue comme un outil d'apprentissage aux techniques spatiales et méthodologies de développement. De ce fait l'ambition scientifique, la complexité ne sont pas des critères déterminants dans le choix de soutenir un projet plutôt qu'un autre. Un projet consistant à acquérir des données déjà connues dans la littérature scientifique et apportant les garanties qu'il sera mené avec succès avec une forte implication des étudiants, rentre dans les critères de sélection.

Pour 2023 une équipe sera sélectionnée.

5. PUBLIC VISE

L'opération BallonBus est ouverte aux étudiants d'établissements d'enseignement supérieur français. Une école, une université étrangère peut éventuellement y participer si elle s'associe avec un établissement français, les deux établissements menant alors le projet en commun.

6. CAHIER DES CHARGES TECHNIQUES

Les indexations notées Ex sont les exigences à respecter.

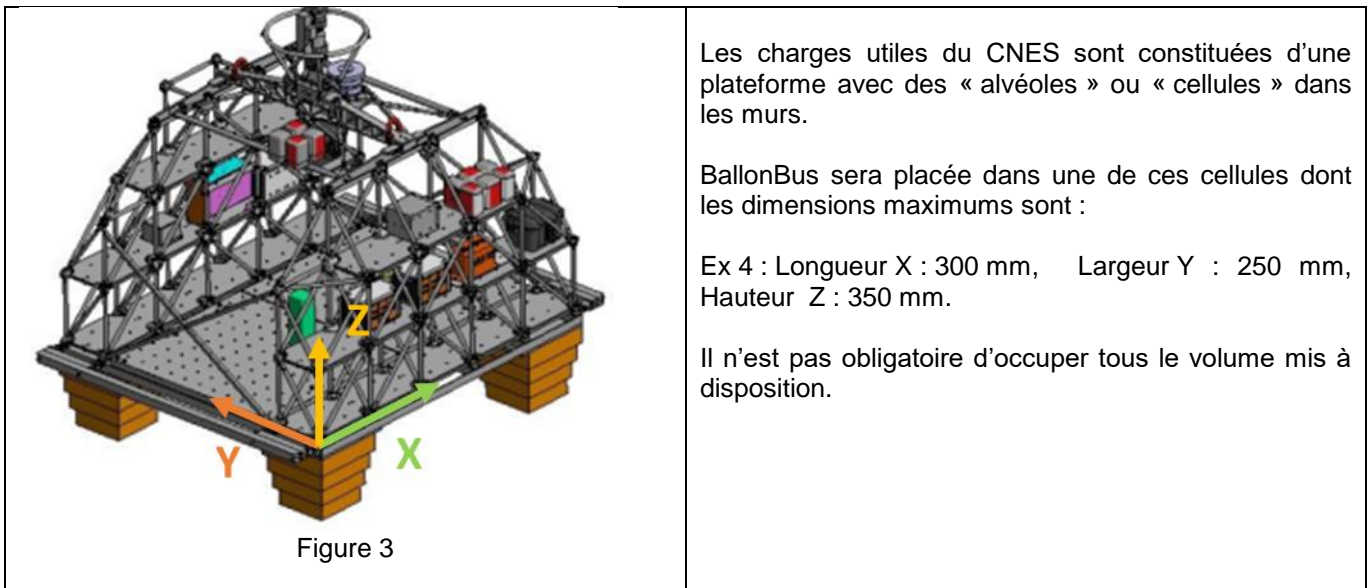
6.1. LIEU ET DATE DU LACHER

La campagne de lâcher aura lieu à Timmins au Canada, province de l'Ontario en Août 2023.

6.2. MASSE MAXIMALE

Ex 3 : Pour la campagne de lâcher 2023, la masse de BallonBus, prête à être installée dans la NCU doit être inférieure à 8 kg.

6.3. DIMENSIONS



Ex 5 : BallonBus sera conçue de façon à ce que les capteurs, les optiques, les interrupteurs, les afficheurs, etc. ne soient pas en saillie des parois.

Ex 6 : Deux sangles de fixation de 3 cm de large (pour des attaches de 4 cm) pourront passer autour sans masquer des capteurs, des optiques, des interrupteurs, des afficheurs etc.

L'Equipe pourra en présentant son avant-projet exprimer le souhait pour un emplacement particulier en fonction du besoin de disposer qu'une face et/ou le dessus regarde l'extérieur.

6.1. CONTENU

Ex 7 : L'embarquement d'animaux est interdit.

Ex 8 : La liste des produits et matériaux interdit est donnée en annexe.

Ex 9 : La liste des composants et matériaux utilisés sera décrite dans le document de conception.

A noter que le dégazage de certains matériaux en vol peut perturber les mesures des instruments de chimie de l'atmosphère, ces matériaux sont donc à soumettre au CNES en amont de la conception.

6.2. ENERGIE

Ex 10 : La charge utile devra être alimentée uniquement par le système d'énergie du CNES.

Ex 11 : La charge utile devra fonctionner sur toute la plage de tension 26 V (fin de vol) – 34 V (début du vol).

Ex 12 : La puissance consommée ne doit pas dépasser 10 W.

Ex 13 : Le connecteur d'alimentation de ballonbus sera le suivant :
connecteur SOURIAU (male) 851-06-EC-8-3-P 50

Pin A = Power (-)

Pin B = not connected

Pin C = Power (+)

Ex 14 : Un fusible en entrée de la charge utile est obligatoire.

Ex 15 : Les tensions utilisées ne seront pas supérieures à 36 V. Si des tensions supérieures s'avèrent nécessaires, une analyse de risque sera exigée.

6.3. STOCKAGE DES DONNEES

Ex 16 : Les données seront stockées à bord pour une exploitation après le vol. Lors de la qualification de l'expérience, l'Equipe montrera être capable de les lire et de les interpréter.

Ex 17 : Aucun émetteur radio, Wifi, Bluetooth ou autre n'est autorisé à bord. En complément du stockage à bord, seul est autorisé la mise en œuvre d'une liaison bord/sol LoRa compatible du réseau canadien.

Ex 18 : Le stockage supporte un délai de retour d'au moins 1 semaine. Le plus souvent les NCU sont récupérées dans les 48 heures qui suivent l'atterrissage.

Si elle en fait la demande avant le vol, le CNES peut fournir à l'Equipe après le vol diverses informations sur l'environnement rencontré par BallonBus principalement : accélération, température, pression, position.

6.4. LARGAGE D'OBJETS

Ex 19 : Le largage, l'éjection d'objets à partir de BallonBus est interdit.

En conséquent BallonBus sera conçue pour qu'au cours du vol aucun élément puisse s'en séparer.

6.5. ENVIRONNEMENT

BallonBus rencontrera les conditions climatiques suivantes :

6.5.1. Température

La température d'une charge utile dépend des conditions ambiantes, de l'inertie thermique, de la puissance dissipée et des flux solaire et infrarouge reçus.

Voici quelques éléments sur cet environnement thermique :

- Température de stockage en conteneur : - 10 °C à + 40 °C,
- Température de l'air au cours du vol : - 65 °C à + 30 °C.

Les faces directement exposées au flux solaire reçoivent jusqu'à 1380 W/m² à la pression de 2 hPa (constante solaire). De ce fait les surfaces peuvent atteindre des températures très supérieures à celle de l'air ambiant (jusqu'à + 80 °C). Le CNES habille souvent ses nacelles d'une protection réfléchissante en aluminium. Cette protection n'est bien sûr pas compatible des viseurs extérieurs ou de prélèvements extérieurs.

Ex 20 : L'expérience BallonBus devra se protéger du flux solaire soit via les protections thermiques du CNES (si compatible), soit via ses propres moyens.

En pratique, une électronique de quelques watts, placée dans une boîte en polystyrène, avec un réchauffeur et thermostat à l'intérieur et une couverture réfléchissante à l'extérieur va fonctionner. Des composants en grade de température industrielle (-40 °C +85 °C) doivent être sélectionnés.

Pour les éléments extérieurs à la boîte, il est conseillé de mener une petite analyse thermique.

6.5.2. Accélération

Au cours du vol la NCU et donc BallonBus seront soumises à des accélérations fortes à deux moments :

- ➔ A l'ouverture du parachute les accélérations transversales sont de l'ordre de 2 g et en Z de l'ordre de 8 g.
- ➔ A l'atterrissage les accélérations transversales sont de l'ordre de 5 g et en Z peut atteindre 15 g.

6.5.3. Pression

Au cours du vol la pression varie entre 1020 hPa (décollage et atterrissage) et 2 hPa (culmination).

Ex 21 : Les volumes complètement fermés sont donc interdits.

6.6. TENUE MECANIQUE

Ex 22 : BallonBUS sera conçue de manière à ce que son contenant ne soit pas dégradé sous les accélérations (6.5.2) et qu'aucun élément n'en soit éjecté.

Nous conseillons à l'Equipe d'assurer la tenue mécanique des objets embarquées par une structure métallique de préférence en aluminium les supportant, l'ensemble étant protégé du froid par une boîte en polystyrène extrudé d'au moins 40 mm.

Un tableau des marges à la rupture à respecter en fonction du matériau utilisé sera fourni au début du projet.

6.7. IDENTIFICATION

Sur une des faces X-Z seront apposés :

- Ex 23 : Un autocollant au logo du CNES,
 - Ex 24 : Un autocollant au logo de Planète Sciences,
 - Ex 25 : Une étiquette indiquant : BallonBUS, projet XXX, établissement XXX, mois/année.
- Eventuellement un autocollant au logo de l'établissement accueillant l'Equipe,

6.8. TRANSPORT

L'expérience BallonBUS est confiée au CNES dans un conteneur :

- Ex 26 : La protégeant correctement des aléas du transport,
- Ex 27 : Pouvant être stockée en extérieur,
- Ex 28 : Réutilisable pour retourner l'expérience à l'Equipe,
- Ex 29 : Capable de supporter un écrasement de 80 kg (un homme debout sur le contenant).
- Ex 30 : Portant sur deux faces l'étiquette suivante : Expérience BallonBUS, projet XXX, établissement XXX, mois/année, nom et téléphone du responsable

Le conteneur sera transporté par le CNES sur le lieu du lâcher par route et voie maritime.

Ex 31 : BallonBus est à livrer au CNES Toulouse ou directement :

CNES

A l'intention du chef de mission,
10 rue route du Houga
40800 Aire sur l'Adour

Ex 32 : L'expérience BallonBUS doit être toujours opérationnelle après un stockage de 3 mois dans son conteneur.

6.9. DOCUMENTATION

Pour justifier de la conformité de l'expérience, l'équipe devra compléter au cours du projet les documents « Questionnaire technique » et « justifications mécaniques & électrique ». Les formulaires seront fournis au début du projet.

7. FINANCEMENT

Le CNES offre gratuitement à l'équipe l'embarquement de BallonBUS et le temps de sa mise en œuvre à bord par le personnel du CNES au côté des étudiants présents.

Le CNES prend en charge les frais de transport aller et retour de l'expérience entre son centre d'Aire sur l'Adour et le lieu de lâcher.

L'équipe finance la réalisation de BallonBus, son transport jusqu'à Aire sur l'Adour et assure l'exploitation des données.

Le CNES finance le déplacement jusqu'à deux membres de l'équipe sur le lieu du lâcher pour une période correspondant à la fenêtre de lâcher.

8. SELECTION

L'Equipe informe Planète Sciences de sa candidature à l'opération BallonBUS en lui faisant parvenir la lettre d'intention regroupant les informations suivantes :

- Nom et coordonnées de l'Equipe et de la structure l'accueillant,
- Une présentation de l'Equipe,
- Nom et coordonnées de la personne choisie comme contact entre l'Equipe et Planète Sciences,
- Nom de/des personnes assurant l'encadrement académique,
- Une description des objectifs scientifiques et techniques visés et justification de l'intérêt de les mener à bord d'un BSO,
- Une description des moyens matériels, financiers et du temps dont dispose l'Equipe. Planète Sciences souhaite vérifier que les moyens sont en adéquation avec les objectifs scientifiques et techniques,

La lettre est à envoyer à :

Planète Sciences
A l'attention de Coralie Tholimet
10 Rue du Marquis de Raies
91080 Évry-Courcouronnes
espace@planete-sciences.org

Sur la base de ce courrier et d'éventuels échanges d'informations complémentaires, Planète Sciences jugera si le projet est acceptable et le soumettra au CNES pour approbation définitive après analyse.

Cette même adresse peut être utilisée pour poser toutes questions relatives à ce cahier des charges.

9. PLANNING

Un projet BallonBus suivra le calendrier suivant :

→ 21 Octobre 2022 :

Fin de la réception des candidatures
Réception des lettres d'intention par Planète Sciences

→ 1 Novembre 2022 :

Sélection d'une Equipe par Planète Sciences et le CNES.
Diffusion du résultat de la sélection.
Revue de projet

→ Janvier 2022

Revue de définition

→ Mars 2023

Revue de conception

Livraison des données de volume et de masse et identification des risques potentiels

Fourniture du questionnaire technique renseigné au CNES et de l'analyse de risque en annexe

→ Avril 2023

Fourniture par l'équipe du nom des étudiant(e)s participant à la campagne

Mise à disposition du budget mission dans le(les) laboratoire(s) Fourniture du dossier de réalisation

Revue de qualification.

Livraison du formulaire lié à la certification mécanique et électrique

→ Mai 2023

Livraison par l'équipe de BallonBus au CNES.

Fourniture par le CNES de la date probable de lâcher.

→ Août 2023

Mise en œuvre et vol de BallonBus à Timmins au Canada.

→ Au plus tard décembre 2023

Fourniture par l'Equipe du compte rendu d'expérience à Planète Sciences et au CNES.

Les différentes revues seront menées soit en vidéo conférence soit en présentiel à Toulouse en fonction de la facilité d'organisation.

10. CONDUITE DE PROJET

Planète Sciences nommera alors un animateur suiveur. Cette personne, bénévole ou salarié du réseau Planète Sciences suivra l'Equipe au cours de son projet. Il possèdera une culture technique et si besoin s'appuiera sur les compétences du réseau. L'animateur suiveur est :

- Le garant de la conformité du projet avec le Cahier des Charges et dans ce cadre ses avis doivent être impérativement respectés,
- Une ressource pour l'Equipe sur les aspects techniques et d'organisation. Ses avis sont des conseils argumentés et ils ne se substituent pas aux prises de décisions de l'Equipe. Le suiveur est en quelque sorte le parrain et non pas le leader de l'Equipe, avec qui il tisse des liens privilégiés. Son objectif est d'amener le projet vers le succès. Il pose judicieusement les questions afin de faire prendre conscience d'éventuels problèmes. Il est invité à participer aux revues de projet. Il est systématiquement mis en copie des documents de projet.

Le projet est alors mené par l'Equipe en s'inspirant des méthodes de développement de projets industriels dont les grandes règles sont :

- La conduite d'un projet expérimental se déroule en 5 phases.
- Chacune de ces phases se termine par la rédaction d'un document.
- On passe d'une phase à l'autre au cours d'une réunion que l'on appelle une revue.
- Tout retour en arrière vers une phase antérieure est proscrit. (Eh oui sinon on n'avance pas !)

Suivant les professions, les entreprises et les laboratoires, ces phases, documents et revues portent des noms différents, mais le principe reste le même. Planète Sciences utilise le vocabulaire que le tableau suivant résume :

	Nom des phases	Nom des documents associés	Nom des revues associées
1	La définition des objectifs	La lettre d'intention	Revue de début de projet
2	L'avant-projet	Le document d'avant-projet	Revue de définition

3	Le projet	Le document de projet	Revue de conception
4	La réalisation	Le dossier de réalisation	Revue de qualification
Le lâcher			
5	L'exploitation des résultats	Le compte rendu d'expérience	Revue de présentation des résultats Petite fête de fin de projet

En pratique, chaque document est une mise à jour du document de l'étape précédente.

Un projet expérimental réussi est la mise en application d'un savoir scientifique et technique correctement géré.

10.1. DEFINITION DES OBJECTIFS

Quelques personnes motivées et ayant un projet en tête cherchent à le concrétiser. Il y a d'abord des idées floues, encore imprécises. Il faut en collecter le maximum pour se laisser la possibilité d'un choix, et parce que des expériences intéressantes peuvent provenir d'idées surprenantes, réévaluées. Les personnes qui ont des idées les présentent à d'autres afin de les convaincre de participer au projet et en discutent pour vérifier leur crédibilité et les consolider. Le recrutement se fait par affinité mais aussi par la recherche de compétences complémentaires. Quand une équipe de taille suffisante est constituée, une lettre d'intention est envoyée à Planète Sciences afin de faire connaître l'existence de l'Equipe et présenter ses objectifs. Si le projet est retenu, Planète Sciences organisera son suivi. Un animateur suiveur est nommé et une revue de début de projet est organisée pour officialiser le projet et marquer son démarrage.

10.2. L'AVANT-PROJET

Les objectifs ayant été définis, il faut maintenant rechercher les solutions théoriques et techniques définitives. Pendant cette période d'activité intellectuelle, le projet prend forme sur le papier. Les recherches documentaires permettent de valider le principe de l'expérience. L'Equipe se fait aider par des personnes extérieures. Tous les problèmes techniques doivent être passés en revue sans forcément faire l'objet d'un développement complet. Il ne faut pas oublier de vérifier la conformité des choix avec le Cahier des Charges. La manière d'exploiter les mesures est étudiée.

L'évaluation des moyens nécessaires à la fois en heures de travail, en matériel et en financement est ébauchée. Les solutions retenues sont synthétisées dans un document d'avant-projet et la phase se termine par la revue de définition. A la fin de la phase d'avant-projet, l'Equipe connaît ses objectifs, son planning et possède des informations certaines sur la manière de les atteindre dans le temps imparti.

10.3. LE PROJET

Depuis l'avant-projet, l'Equipe a travaillé à résoudre différents problèmes et tout semble clair. C'est le moment de rédiger le document de projet qui présente les éléments complets et définitifs de l'expérience. Il est issu du document d'avant-projet revu, amélioré et complété par :

- La liasse des plans mécaniques et électroniques de l'expérience,
- Les documents techniques des composants souvent issus des notices constructeurs,
- La liste des composants et matériaux entrant dans la composition de l'expérience,
- La planification affinée et la répartition des tâches au sein de l'Equipe.

L'objectif est d'obtenir un document complet sur le plan technique. Une manière de le rédiger est d'imaginer qu'en le transmettant à une autre équipe, celle-ci serait capable de réaliser l'expérience et d'exploiter les données en disposant de tous les plans et des méthodes d'étalonnage. Sa rédaction permet de s'assurer qu'il ne reste plus de zones d'ombre. Chacun se verra attribuer une tâche et une date à laquelle l'effectuer. Le rapport de définition du projet sert de document de référence pour toute la suite du projet.

10.4. LA REALISATION

La construction de l'expérience s'effectue suivant le document de projet et souvent en respectant des étapes intermédiaires :

- réalisation des systèmes isolés,
- montage des sous-ensembles sur table,
- intégration,
- étalonnages.

Entre ces étapes, un maximum d'essais sont faits. On vérifie que les éléments épars sont compatibles entre eux. C'est un des rôles du chef de projet. On surveille les échéances et on tient compte des retards qui ne manquent jamais de se produire. En cas de retard, il faut prendre rapidement des actions correctives qui peuvent être :

- aider la personne chargée de la tâche retardataire pour rattraper le planning,
- trouver une solution alternative,
- simplifier le projet pour soulager l'Equipe.

A la fin de cette phase, l'expérience est terminée et fonctionne correctement. Afin de garder la mémoire du projet, le dossier de réalisation est constitué. Ce document décrit comment l'expérience est effectivement fabriquée et cela permet de la réparer rapidement en cas de panne. Il contient aussi les courbes d'étalonnage. Il ne reste plus qu'à vérifier la conformité au Cahier des charges afin d'obtenir le feu vert pour la confier au CNES. La revue de qualification est organisée à cette fin.

10.5. L'EXPLOITATION DES RESULTATS

Après une étude de l'expérience récupérée, des prises de vues et du dépouillement des enregistrements, les résultats de l'expérience sont comparés aux objectifs initiaux et des conclusions en sont tirées. Mais le développement d'un programme ne s'arrête pas là. Il reste à rédiger le compte rendu d'expérience qui représentera la seule concrétisation du projet quand l'expérience sera démontée et l'Equipe dispersée. C'est la trace et le souvenir que garderont les membres de l'Equipe, le témoin de leur progrès et de leur succès et le bilan de la confrontation expérimentale entre les hypothèses et la réalité. C'est aussi le point final du contrat avec le CNES et Planète Sciences et les organisations qui ont fourni des moyens pour le projet.

Et puis pour la recherche d'un stage ou d'un premier job, parler de sa participation au projet et présenter un compte rendu bien rédigé peut-être le détail qui emportera la décision en votre faveur.

11. DIFFUSION DES RESULTATS

Outre la fourniture d'un rapport de fin de projet au CNES et à Planète Sciences, les résultats et analyses issues du vol pourront faire l'objet de publications dans des revues scientifiques ou de présentations en conférence. Les noms du CNES de Planète Sciences et de l'opération BallonBUS devront être cités dans la publication comme ayant apportés leur concours.

12. MATRICE DE CONFORMITE

Matrice servant de support pour la qualification d'une nacelle BallonBUS

Exigence	Mode de vérification	Statut
Ex 1	Lecture de la lettre d'intention : vérification que le / les expériences justifient l'embarquement sur un BSO. Lecture du document d'avant-projet : vérification que les capteurs sont adaptés aux objectifs techniques et scientifiques.	
Ex 2	Lecture de la lettre d'intention : description des moyens dont dispose l'Equipe et comparaison avec les objectifs.	
Ex 3	Pesée lors de la revue de qualification.	
Ex 4	Mesure lors de la revue de qualification.	
Ex 5, Ex 6	Contrôle visuel, lors de la revue de qualification.	
Ex 7	Lecture de la lettre d'intention.	
Ex 8, Ex 9	Lecture du document de conception.	
Ex 10	Lecture du document de projet, revue de conception et de qualification.	

Ex 11, Ex 12	Vérification par analyse ou par mesure.	
Ex 13, Ex 14	Vérification lors de la revue de qualification	
Ex 15	Vérification lors de la revue de conception	
Ex 16	Vérification lors de la revue de conception et démonstration lors de la revue de qualification	
Ex 17	Vérification lors de la revue de conception et lors de la qualification.	
Ex 18	Par analyse lors de la revue de conception.	
Ex 19	Lecture du document de conception et vérification lors de la revue de qualification.	
Ex 20	Par vérification lors de la revue de qualification	
Ex 21	Par vérification lors de la revue de qualification	
Ex 22	Par lecture du document du document de conception et par démonstration. Exemple pour une pièce devant supporter 0,1 kg, démonstration qu'elle supporte une masse de 1,5 kg (15 g).	
Ex 23, Ex 24, Ex 25	Control visuel lors de la revue de qualification.	
Ex 26, Ex 27, Ex 28	Vérification lors de la revue de qualification.	
Ex 29	Par démonstration lors de la revue de la qualification	
Ex 30	Vérification lors de la revue de qualification.	
Ex 31		
Ex 32	Par analyse lors de la revue de conception	

13. ANNEXE : LISTE DES ELEMENTS ET MATERIAUX INTERDITS ;

- éléments pyrotechniques ;
- réservoirs sous pression ;
- produits toxiques ;
- produits inflammables ;
- émission de rayonnements ionisants ;
- émission de rayonnements électromagnétiques ;
- émission de rayonnements laser.

14. ANNEXE : MATRICE D'IDENTIFICATION DES RISQUES

EQUIPEMENT :	PREPARE PAR :	DATE :
SOURCE DE RISQUE		EQUIPEMENT
<input type="checkbox"/> Systèmes thermodynamique et fluide (pressurisés) <ul style="list-style-type: none"> - Pression (différence, haute, basse, vide...) - Température (différence, haute, basse) - Transfert de chaleur - Jets fluidiques - Propriétés thermiques des matériaux 		
<input type="checkbox"/> Systèmes électriques et électromagnétiques à risque <ul style="list-style-type: none"> - Tension (haute, moyenne, basse) - Électricité statique - Courant (haut, moyen, bas) - Champ magnétique (induit, externe) - Énergie ionisante - Étincelles 		
<input type="checkbox"/> Radiations <ul style="list-style-type: none"> - Ionisantes ou pas - visibles, IR, UV, Lasers ... - Acoustiques - Émission RF 		
<input type="checkbox"/> Systèmes explosifs (pyrotechnie, ...)		
<input type="checkbox"/> Systèmes mécaniques		
<ul style="list-style-type: none"> - Impact mécanique - Propriétés mécaniques des matériaux (tranchant, glissant...) - Mécanismes de déploiement - Vibrations 		
<input type="checkbox"/> Produits chimiques <ul style="list-style-type: none"> - Corrosifs (électrolyte batterie, magnésium, acides, ...) - Toxiques (baryum, béryllium, cadmium, PVC, ...) - Inflammables - A effets biologiques - Asphyxiants - Irritants - Explosifs 		
<input type="checkbox"/> Températures hautes ou basses (cryogénie, ...)		
<input type="checkbox"/> Bruit (fréquence et intensité)		
<input type="checkbox"/> Autres sources de risque / Pollution environnement		

Fin du document