



**PLANETE SCIENCES - Secteur Espace**  
 16, place Jacques Brel - 91130 RIS-ORANGIS  
 Tél. : (+33) 1 69 02 76 10 / Fax : (+33) 1 69 43 21 43  
 Site Internet : [www.planete-sciences.org/espace](http://www.planete-sciences.org/espace)

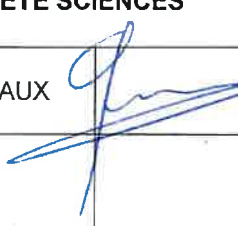

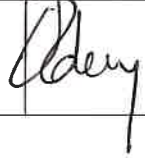
**Service Education Jeunesse**  
 18, avenue Edouard Belin - 31401 TOULOUSE CEDEX 9  
 Tél. : (+33) 5 61 27 31 14 / Fax : (+33) 5 61 28 27 67  
 Site Internet : [www.cnes.fr/enseignants-et-mediateurs](http://www.cnes.fr/enseignants-et-mediateurs)

## CAHIER DES CHARGES POUR BALLONS EXPERIMENTAUX

Cahier Planète Sciences/CNES

Références	BALLON/CDC/1/CNES-PLASCI/V13 CNES-DCO//EJ-2019-1473
Version	13
Etat	<b>Pour application</b>
Date d'édition	25 janvier 2019
Nb pages	53

### VISAS

PLANETE SCIENCES	CNES
G. PREAUX 	S. FREDON 
	C. EDERY-GUIRADO 

Attention :

Ce document a été organisé pour être imprimé recto verso  
avec les pages impaires à droite.

**PERSONNALISEZ VOTRE CAHIER DES CHARGES**

Nom du projet : .....
Nom de la structure : .....
Coordonnées : .....
.....
.....
Responsable du projet : .....
Suiveur du projet : .....
Coordonnées du suiveur : .....
.....
.....
Notes :
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

**Avertissement**

Suite à des évolutions de la réglementation et des règles de sauvegarde du CNES, cette 13<sup>e</sup> version du cahier des charges présente de notables évolutions par rapport aux versions précédentes applicables pour tous les lâchers à partir de sa date de parution. Les principales évolutions portent sur :

- **Modification de la masse maximale autorisée des nacelles, voir chapitre 10.13**
- **Modification des dimensions autorisées des nacelles, voir chapitre 10.13**
- **Modification de la masse autorisée des nacelles largables, voir chapitre 10.14**
- **Modification des règles de sélection de l'aire de lâcher, voir chapitre 10.15**
- **Evolution de la prévision de trajectoire et le survol des pays étrangers, voir chapitre 10.15**

## SOMMAIRE

<b>1. AVANT-PROPOS</b> .....	<b>4</b>
<b>2. QU'EST-CE QU'UN CAHIER DES CHARGES ?</b> .....	<b>5</b>
<b>3. DEFINITION D'UN BALLON EXPERIMENTAL</b> .....	<b>5</b>
<b>4. ORGANISATION DE L'ACTIVITE</b> .....	<b>6</b>
<b>5. CONDUITE DU PROJET</b> .....	<b>6</b>
<b>6. DESCRIPTION DE LA CHAINE DE VOL</b> .....	<b>7</b>
<b>7. CHOIX DU SITE DE LACHER</b> .....	<b>7</b>
<b>8. CONDITIONS DE LACHER</b> .....	<b>9</b>
<b>9. CHRONOLOGIE</b> .....	<b>9</b>
<b>10. CAHIER DES CHARGES</b> .....	<b>11</b>
10.1. DEFINITION DE L'EXPERIENCE .....	13
10.2. EXPERIENCES EMBARQUEES .....	15
10.3. LA CHAINE DE MESURE, UTILISATION DU SYSTEME KIWI MILLENIUM 8 VOIES .....	17
10.4. LA CHAINE DE MESURE, UTILISATION DU SYSTEME KIWI MILLENIUM EN MODULATION EXTERNE .....	19
10.5. LA CHAINE DE MESURE, UTILISATION DU SYSTEME KIKIWI EN VERSION STANDARD BALLON .....	21
10.6. LA CHAINE DE MESURE, UTILISATION DU STANDARD DE TELEMESURE SNR.....	23
10.7. LA CHAINE DE MESURE, UTILISATION DU STANDARD DE TELEMESURE IRIG 20 %.....	25
10.8. LA CHAINE DE MESURE, UTILISATION D'UN AUTRE STANDARD DE TELEMESURE.....	27
10.9. L'EMETTEUR .....	29
10.10. SYSTEMES AVEC STOCKAGE DES DONNEES A BORD .....	31
10.11. LE SYSTEME DE RECUPERATION .....	33
10.12. IDENTIFICATION ET LOCALISATION DES NACELLES .....	35
10.13. MECANIQUE DE LA NACELLE .....	37
10.14. NACELLE LARGABLE.....	39
10.15. CONDITIONS DE LACHER .....	41
<b>11. FICHE DE CONTROLES, NACELLE SANS TELEMESURE</b> .....	<b>43</b>
<b>12. FICHE DE CONTROLES, NACELLE AVEC TELEMESURE</b> .....	<b>45</b>
<b>13. FICHE DE VOL</b> .....	<b>48</b>
<b>14. BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>48</b>
<b>15. LES PARTENAIRES</b> .....	<b>50</b>
15.1. SERVICE EDUCATION JEUNESSE DU CNES .....	50
15.2. PLANÈTE SCIENCES .....	52

***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 ballon expérimental 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 de votre projet en permettant la réalisation de nacelles sûres et conformes à la législation. Il n'est pas destiné à être un obstacle à votre création mais un guide d'aide à la conduite de projet. **Si certains points particuliers s'opposent à la spécificité de votre expérience, vous devez en avertir Planète Sciences le plus tôt possible.** Ces points particuliers seront alors traités au cas par cas et s'ils le justifient, ils pourront faire l'objet d'une dérogation écrite.

Vous devrez vous conformer aux tests décrits dans ce Cahier. Si votre ballon, par sa conception ou son mode de construction, ne peut pas être contrôlé par les méthodes décrites, vous devrez informer Planète Sciences et lui proposer des méthodes adaptées et, si nécessaire, fabriquer les outils spécifiques de contrôle.

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 clubs et les écoles, 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 de lâcher est donnée à l'issue des contrôles qui ont lieu lors de la visite de qualification et lors du lâcher. Le CNES et Planète Sciences se réservent le droit d'interdire le lâcher pour des raisons de sécurité ou quand la nacelle présentée ne correspond pas aux documents fournis au cours du projet et dans tous les cas quand la nacelle ou la trajectoire de vol n'est pas conforme à ce Cahier des Charges.

Le lâcher est aussi dépendant de l'autorisation de vol auprès de l'Aviation Civile qui n'est pas systématiquement accordée pour le lieu et la date de lâcher souhaités. Planète Sciences se charge de cette démarche.

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

- **Planète Sciences** : Une des associations du réseau Planète Sciences ou une des associations amies qui collaborent avec Planète Sciences pour le suivi de l'activité ballon (délégations régionales ou relais).
- **L'Animateur suiveur** : Bénévole ou salarié du réseau Planète Sciences ou d'une association amie qui encadre l'Equipe au cours de son projet de construction d'une nacelle de ballon expérimental. Il veille au respect des règles du Cahier des Charges et répond aux sollicitations de l'Equipe en cas de difficulté.
- **L'Aérotechnicien** : Bénévole ou salarié du réseau Planète Sciences en charge de contribuer à l'organisation du lâcher du ballon expérimental réalisé par l'Equipe. Il doit s'assurer que la nacelle construite par l'Equipe est conforme à ce Cahier des Charges lors de la visite de qualification. L'Aérotechnicien a participé à un stage de formation spécifique organisé par Planète Sciences.
- **L'Equipe** : Le groupe de jeunes et son encadrement qui souhaite réaliser une nacelle de ballon expérimental conforme à ce Cahier des Charges. L'équipe peut être un Club de jeunes, une classe d'un établissement scolaire avec ses enseignants etc.
- **Le Cahier des Charges** : le présent document.

## 2. QU'EST-CE QU'UN CAHIER DES CHARGES ?

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.

Celui-ci décrit les règles à respecter pour construire des nacelles et lâcher des ballons expérimentaux dans le cadre des activités Education Jeunesse du CNES / PLANÈTE SCIENCES.

Si la construction d'un ballon expérimental et son lancement ne sont pas des opérations très compliquées, elles doivent néanmoins être réalisées suivant des règles strictement suivies afin de garantir le succès du vol et surtout le respect des règles de sécurité.

Ce Cahier des Charges a ainsi été rédigé de manière à regrouper en quelques pages :

- les règles de sécurité ;
- les règles pédagogiques qui justifient l'activité,
- les règles techniques nécessaires à la construction de nacelles fiables ;
- les règles méthodologiques qui permettent de mener à terme un projet ;
- les règles acquises par l'expérience des vols précédemment effectués ;
- les règles imposées par l'utilisation du matériel collectif.

Ce Cahier des Charges est exclusivement destiné aux projets de ballons expérimentaux menés dans le cadre des activités éducation jeunesse du CNES et de Planète Sciences. Des Cahiers des Charges spécifiques aux fusées sont également disponibles.

Ce Cahier des Charges cherche à couvrir tous les types de ballons expérimentaux pouvant être réalisés par les Equipes. De ce fait certains chapitres ne s'appliquent pas à un ballon donné. **Ainsi si le ballon n'embarque pas de système de télémessure, les chapitres correspondant à la télémessure ne lui sont pas applicables.** L'Animateur suiveur se doit d'expliquer aux jeunes les chapitres qui s'appliquent à leur ballon. En haut de chaque paragraphe une case à cocher lui permettra d'indiquer à l'Equipe les pages pertinentes.

Pour l'application de règles non liées à la sécurité ou à la législation, le niveau d'exigence que l'on demande à une Equipe dépend bien sûr de la tranche d'âge des jeunes.

Ainsi à titre d'exemple pour la règle : **DEF6** : Plans mécaniques de la nacelle. On réclamera et on acceptera pour un projet d'école primaire, un dessin succinct de la nacelle fait à main levée, alors que l'on exigera d'une équipe plus aguerrie un ensemble de plans cotés et on s'assurera que la nacelle est effectivement conforme aux plans.

L'Animateur suiveur définira et expliquera ce niveau d'exigence dès le début du projet.

## 3. DEFINITION D'UN BALLON EXPERIMENTAL

Planète Sciences et le CNES qualifient de "ballon expérimental" tout ballon répondant simultanément aux critères suivants :

- il est réalisé par un groupe d'amateurs, constitué en équipe de projet qui s'appuie sur une démarche expérimentale méthodique et sur une gestion de projet ;
- il contient au moins une expérience embarquée qui le justifie et qui constitue le cœur du projet ;
- il utilise une chaîne de vol, fournie par le CNES et Planète Sciences ou l'une des associations amies ;
- il respecte toutes les règles du présent Cahier des Charges.
- le projet fait l'objet d'un suivi de la part de Planète Sciences ou d'une des associations amies ;
- le ballon est lâché en France depuis un site adapté, encadré par un Aérotechnicien, après avoir passé avec succès les contrôles finaux décrits dans ce document et obtenu une autorisation de vol auprès de l'Aviation Civile.

#### 4. ORGANISATION DE L'ACTIVITE

Planète Sciences est une association dont l'objectif est d'aider les jeunes dans la pratique de leurs loisirs scientifiques. La construction de nacelles de ballons expérimentaux est l'une des activités qu'elle soutient. Pour matérialiser son aide elle a mis en place une organisation de l'activité ballon dont voici les grandes lignes.

Les ballons expérimentaux peuvent être réalisés dans différents cadres :

- Dans le cadre de clubs. Le document de référence relatif aux relations entre le club et Planète Sciences est le PACS (Programme Annuel des Clubs Spatiaux).
- Dans le cadre de l'opération "Un Ballon Pour l'Ecole". Le document de référence relatif aux relations entre enseignants et Planète Sciences est "Présentation de l'opération *Un Ballon Pour l'Ecole* aux enseignants".
- Dans le cadre de séjours de vacances. Voir avec la structure organisatrice.
- Dans le cadre des Scientificobus etc.

Tout groupe de jeunes (Equipe), qui souhaite construire une nacelle de ballon, commence par prendre contact avec Planète Sciences ou une de ses délégations en répondant au formulaire de candidature disponible sur le site Internet de Planète Sciences. La sélection est effectuée durant le premier trimestre scolaire par Planète Sciences et le CNES. Un animateur suiveur est alors désigné par Planète Sciences ou l'une de ses associations amies. Il aide l'équipe tout au long de son projet en participant à des visites de suivi (3 minimum). Pour les aspects techniques, ce Cahier des Charges et des notes techniques sont disponibles. Planète Sciences peut mettre à disposition pour de courtes périodes certains matériels, dont le matériel de télémessure du CNES (émetteur et station de réception au sol). L'animateur suiveur peut également apporter ce matériel lors des visites.

Quand la construction de la nacelle est terminée, un Aérotechnicien habilité au lâcher de ballon qualifie la nacelle. Il s'assure qu'elle est conforme au présent Cahier des Charges à l'aide du tableau récapitulatif placé à la fin de ce document. Avec les jeunes, il met en œuvre le matériel de lâcher défini suivant les procédures en vigueur. Cet Aérotechnicien a obtenu une habilitation après avoir suivi un stage de formation spécifique. Il a la responsabilité du lâcher et doit donc être présent sur le lieu du lâcher le jour du lâcher.

**En aucun cas un lâcher de ballon expérimental ne peut avoir lieu sans la présence et sans l'accord d'un Aérotechnicien habilité sur l'aire de lâcher.**

Quand le vol a eu lieu, l'Equipe dépouille les résultats de la télémessure (s'il y a lieu) ou de la nacelle (si elle est récupérée) et rédige dans les semaines qui suivent un compte rendu dont un exemplaire doit être envoyé à Planète Sciences.

#### 5. CONDUITE DU PROJET

Une activité ludique n'est pas incompatible avec la notion d'apprentissage. De ce constat est né le concept de loisirs scientifiques que le CNES et Planète Sciences ont adapté au domaine de l'Espace.

Le monde professionnel, et notamment le secteur spatial, est articulé autour de grands programmes et de projets : projet d'un nouveau satellite, projet d'une sonde d'exploration spatiale, projet d'instrumentation scientifique dans la station spatiale internationale, etc. Planète Sciences et le CNES souhaitent que l'activité "Ballon expérimental" s'appuie sur une démarche méthodologique dérivée de celle adoptée dans le spatial. La construction d'une nacelle expérimentale de ballon doit permettre aux jeunes, une découverte des sciences et des techniques ainsi qu'une initiation à la démarche de projet car pour obtenir le succès :

**le savoir gérer est aussi important que le savoir technique !**

La méthode de projet se décline en phases successives associées à des revues :

- La définition des objectifs ;
- L'avant-projet ;
- Le projet ;
- La réalisation ;
- Le lâcher ;
- L'exploitation des résultats.

En fonction du public et de la tranche d'âge du groupe, la notion de démarche de projet sera plus ou moins consciente dans l'esprit des jeunes mais doit être mise en œuvre par l'équipe encadrante.

Planète Sciences met à disposition des documents qui expliquent pédagogiquement l'application de cette méthode dans le cas de projets de jeunes. Ces documents évoluent régulièrement, n'hésitez pas à contacter Planète Sciences pour vous assurer de disposer des dernières versions.

Simultanément, la démarche expérimentale consiste à dérouler le cycle :

hypothèses → expériences → interprétation des résultats → nouvelles hypothèses, etc.

Le projet doit être géré afin de mettre en œuvre la démarche expérimentale. A chacune des étapes, la rédaction des hypothèses et des interprétations dans les documents associés servent à matérialiser la démarche.

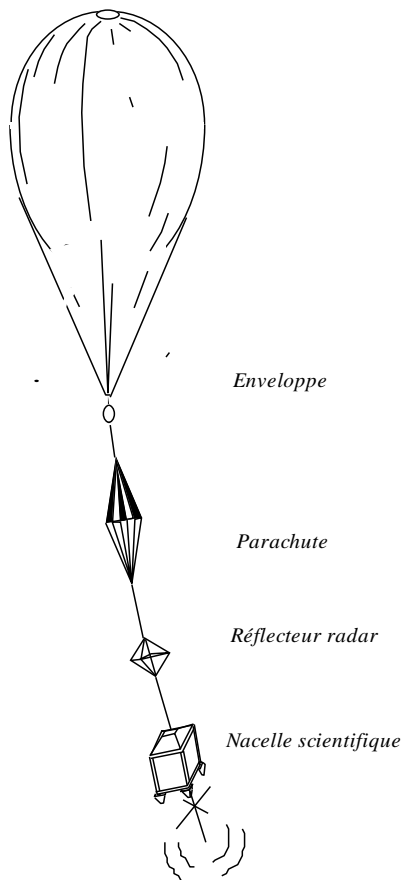
## 6. DESCRIPTION DE LA CHAÎNE DE VOL

Les ballons mis à disposition sont fabriqués pour les besoins de la veille météorologique. Des dizaines de ballons de ce genre, équipés d'une sonde, sont lâchés chaque jour dans le monde, transmettant au sol les paramètres de température, pression et humidité. Ce type de ballons a été choisi pour la simplicité de sa mise en œuvre.

L'altitude moyenne avant éclatement est de 25 à 30 km pour une charge utile de 1,8 kg maximum et une durée de vol de l'ordre de 3 heures.

Un ballon expérimental est constitué de plusieurs éléments qui forment la chaîne de vol ; une fois assemblée, elle peut atteindre jusqu'à 8 mètres de longueur.

L'ensemble de la chaîne de vol, hormis la nacelle, est fourni par Planète Sciences et le CNES.



**L'enveloppe** : fabriquée avec un matériau très élastique (latex ou chloroprène) de quelques microns d'épaisseur. Elle est donc assez fragile et les opérations de gonflage doivent être effectuées avec précaution. Elle est gonflée à l'hélium, gaz inerte moins dense que l'air, ininflammable et donc parfaitement sans danger, à la différence de l'hydrogène dont l'utilisation est interdite pour cette application.

**Le parachute** : préalablement inséré dans la chaîne de vol, il s'ouvre pour freiner la descente de la nacelle après l'éclatement du ballon.

**Le réflecteur-radar** : compte tenu des altitudes atteintes, le ballon est équipé d'un réflecteur-radar permettant aux avions et aux aigilleurs du ciel de connaître sa position.

**La nacelle** (ou charge utile) contient l'expérience scientifique. Elle peut embarquer un système de télémesure qui retransmet au sol les résultats des mesures effectuées en temps réel.

**Figure 1 : Chaîne de vol d'un ballon expérimental**

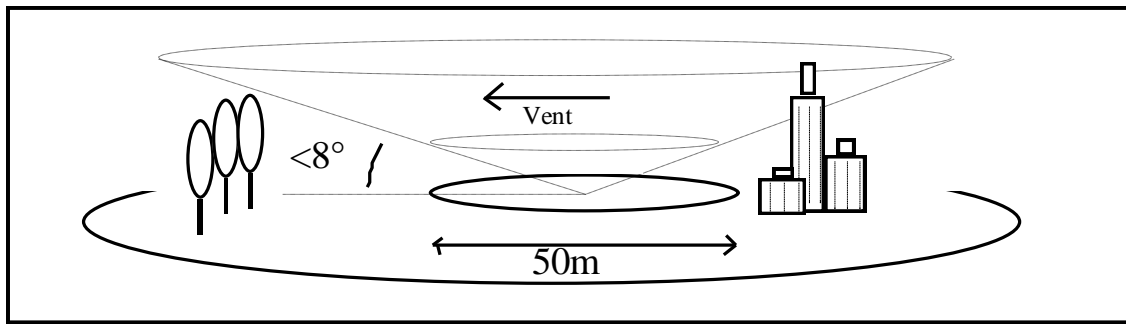
## 7. CHOIX DU SITE DE LACHER

Ce paragraphe est destiné à aider l'Equipe et son encadrement dans le choix du terrain pour effectuer le lâcher de son ballon. En effet, dans la plupart des cas, le choix du site de lâcher est laissé à l'Equipe car elle connaît bien sa région et est donc plus apte à choisir une aire de lâcher. L'Aérotechnicien habilité viendra vérifier avant le lâcher sa conformité.

L'aire de lâcher doit être éloignée d'une voie de circulation comme indiqué au chapitre 10.15

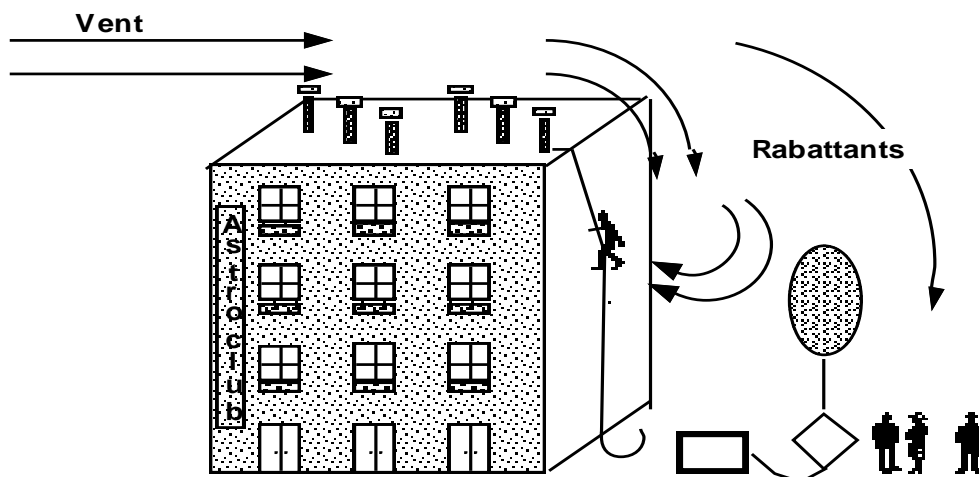
Lors du lâcher d'un ballon, même avec un vent faible, on peut être amené à courir. De ce fait, le site de lâcher doit présenter une surface au sol permettant une course de 25 m environ (dans toutes les directions).

Le site de lâcher doit être découvert pour éviter que le ballon percute un obstacle durant ses premiers mètres d'ascension. Il faut vérifier qu'il n'y a pas de risques de rencontres avec des obstacles élevés loin de l'aire de lâcher (immeubles, lignes électriques, etc.). De plus, si l'expérience nécessite la mise en œuvre d'une station de réception, un endroit dégagé améliore les conditions de réception des signaux au sol. Il est alors nécessaire de disposer d'un abri avec une prise de courant pour le matériel. On peut se référer au dessin ci-dessous pour choisir le terrain.



**Figure 2 : Contraintes pour le choix du site de lâcher de ballon**

On peut aussi retenir une zone protégée du vent par un bâtiment ou tout autre obstacle. Il est alors préférable de gonfler à l'abri du bâtiment puis de s'éloigner un peu au moment du lâcher pour éviter les rabattants quand le ballon va dépasser le dessus du toit.



**Figure 3 : Cas d'un lâcher proche d'un bâtiment ou autre obstacle**

Lorsqu'un terrain adapté est choisi, l'Equipe doit demander l'autorisation écrite d'utilisation au propriétaire du terrain. Quand le lâcher est l'occasion d'une manifestation avec du public, une demande supplémentaire de manifestation publique doit être déposée en Préfecture. **Se renseigner auprès de Planète Sciences.**



Quand elle possède ces autorisations, l'Equipe envoie une lettre à Planète Sciences avec les informations suivantes, au plus tard 45 jours avant la date de lâcher souhaitée :

- copie de la lettre du propriétaire ;
- jour et heure souhaités pour le lâcher ;
- nécessité ou pas d'un kit de matériel de réception télémessure ;
- coordonnées du lieu de lâcher (longitude et latitude du lieu ou position par rapport à des repères de cartes : croisement de routes, village, etc.) ;
- si vous le connaissez, le nom de l'Aérotechnicien pressenti pour le lâcher.

Planète Sciences prend en charge les démarches pour obtenir l'autorisation de vol après des services de l'Etat concerné. Sans autorisation un lâcher ne peut avoir lieu. Planète Sciences ne peut garantir l'obtention systématique de l'autorisation. Néanmoins, à ce jour les refus sont exceptionnels.

### **Contraintes particulières pour les lâchers proches d'une frontière**

Une application de la réglementation internationale liée au vol d'un ballon non habité impose de limiter le risque de survol du territoire d'un Etat étranger par des nacelles de ballons ou bien d'obtenir de cet Etat l'autorisation de survol de son territoire. De ce fait lorsque les vents risquent de pousser un ballon vers une frontière un calcul de prévision de trajectoire doit obligatoirement être fait quelques heures avant le lâcher et la prévision doit conclure que l'atterrissage a lieu à plus de 30 km d'une frontière.

Les Equipes lâchant un ballon proche d'une frontière sous le vent doivent être conscientes du risque d'un report du vol pour raison météorologique. Pour contrer ce risque, il est possible de réserver deux dates de lâcher à quelques jours d'intervalle.

## **8. CONDITIONS DE LACHER**

Ce paragraphe est plus particulièrement destiné à l'Aérotechnicien pour effectuer le(s) lâcher(s).

Dans un souci d'objectivité et d'indépendance, seule une personne habilitée Planète Sciences (l'Aérotechnicien), extérieure à l'Equipe et au projet, peut assurer les opérations de contrôle de la nacelle et de lâcher.

Après le vol, l'Aérotechnicien envoie à Planète Sciences une fiche de vol (carte postale) dont un exemplaire est associé à chaque emballage de ballon. Une copie est disponible en annexe. En cas d'éclatement, la carte postale du ballon détruit doit aussi être renvoyée en indiquant "éclatement".

Lors de la mise en œuvre d'un ballon, le vent peut entraîner l'éclatement de la mince enveloppe. C'est pourquoi il est recommandé de reporter le vol un autre jour s'il dépasse 40 km/h au niveau du sol.

Les procédures en lien avec le lâcher d'un ballon sont regroupées dans le document : "Le jour du lâcher".

## **9. CHRONOLOGIE**

Il est vivement conseillé de prévoir une fiche de chronologie qui décrit par avance et dans l'ordre les tâches à effectuer et le nom des personnes qui les exécutent. Ce document permet de ne rien oublier, même sous la tension et l'excitation, généralement présentes juste avant le lâcher. Une personne lit à haute voix les tâches à effectuer et les coche au fur et à mesure. Voici un exemple de chronologie. Bien sûr, chaque lâcher étant un cas particulier, la chronologie est à personnaliser pour chaque vol.

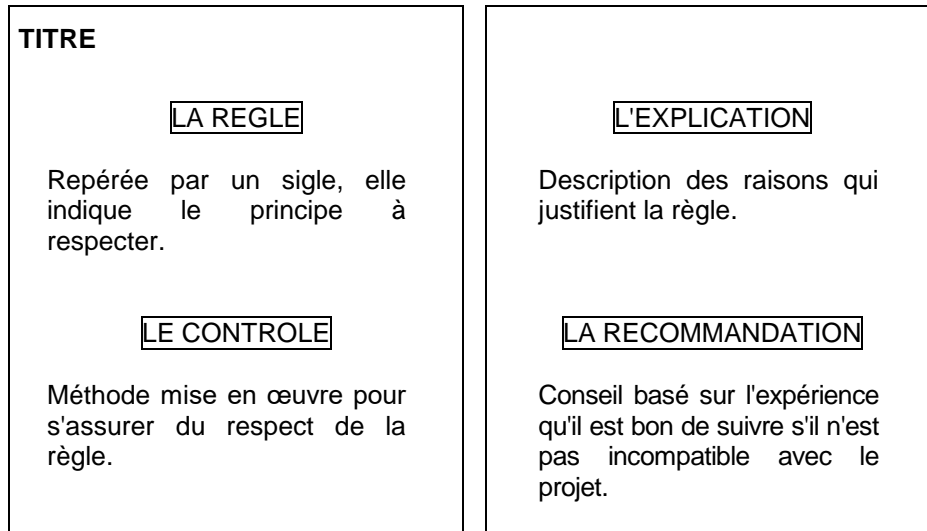
AIRE DE LACHER		STATION DE TELEMESURE
Arrivée. Démarrage de la chronologie (Mathieu)	H - 100	
Mise en place : Bâche, bouteille, antenne, jumelles. (Yvan, Valérie, Michel)	H - 95	Arrivée.
Pesée de la nacelle et tarage. (Michel)	H - 80	Installation du matériel. (Frédéric, Nicolas)
Constitution de la chaîne de vol. (Michel) Mise en place du détendeur. (Yvan)	H - 60	Mise sous tension de la station. Calibration de la baie. Essai de l'ordinateur. (Nicolas)
Mise sous tension de la nacelle. (Valérie)	H - 50	Essai de réception. (Nicolas)
Gonflage et lâcher d'un ballon témoin. (Valérie)	H - 40	Lancement du logiciel de réception. (Frédéric)
Décision d'effectuer le lâcher. (Mathieu)	H - 35	Décision d'effectuer le lâcher. (Mathieu)
Dépliage du ballon. Début de gonflage. (Yvan)	H - 30	Réglage de la télémesure. (Nicolas)
Rappel à haute voix du rôle de chacun au moment du lâcher. Noter le sens du vent. Faire écarter le public en particulier dans la zone sous le vent. (Mathieu)	H - 25	Relevé sur un cahier des conditions expérimentales. (Frédéric)  Si besoin, téléphoner à l'Aviation Civile. (Mathieu)
Relevé de température, pression..... (Valérie)	H - 20	
Fin de gonflage. Fermeture du ballon. Accrochage de la chaîne de vol. (Yvan)	H - 10	Vérification du niveau de carburant du groupe électrogène (si on en utilise un). (Frédéric)
Prise en charge par chaque équipier d'un élément de la chaîne de vol. (Yvan, Valérie, Michel)	H - 5	Mise en marche de la télémesure. (Frédéric)
Direction aire de lâcher.	H - 3	Autorisation de lâcher. (Mathieu)
Lâcher.	H	Départ chronomètre, relevé de l'heure. (Mathieu)
Remplir la carte postale et la poster. (Yvan)	H + 30	Si nécessaire, retoucher les réglages. (Nicolas)
Boire un lait grenadine, féliciter les journalistes, etc. (Marcel)	H + 60	Si nécessaire repointer l'antenne. (Nicolas)

Figure 4 : Exemple de fiche de chronologie le jour du lâcher

## 10. CAHIER DES CHARGES

La législation, les lois de la physique, les règles de sécurité étant les mêmes pour tout le monde, ce Cahier des Charges est destiné autant aux Equipes débutantes, qu'aux Equipes expérimentées. De plus, il cherche à couvrir le plus grand nombre de cas. Aussi, pour faciliter sa lecture et mettre en relief les points importants, nous avons adopté une approche méthodique pour sa structuration.

Les chapitres présentent les différents points en partant des plus généraux vers les plus détaillés. Chaque point du Cahier des Charges est présenté comme suit :

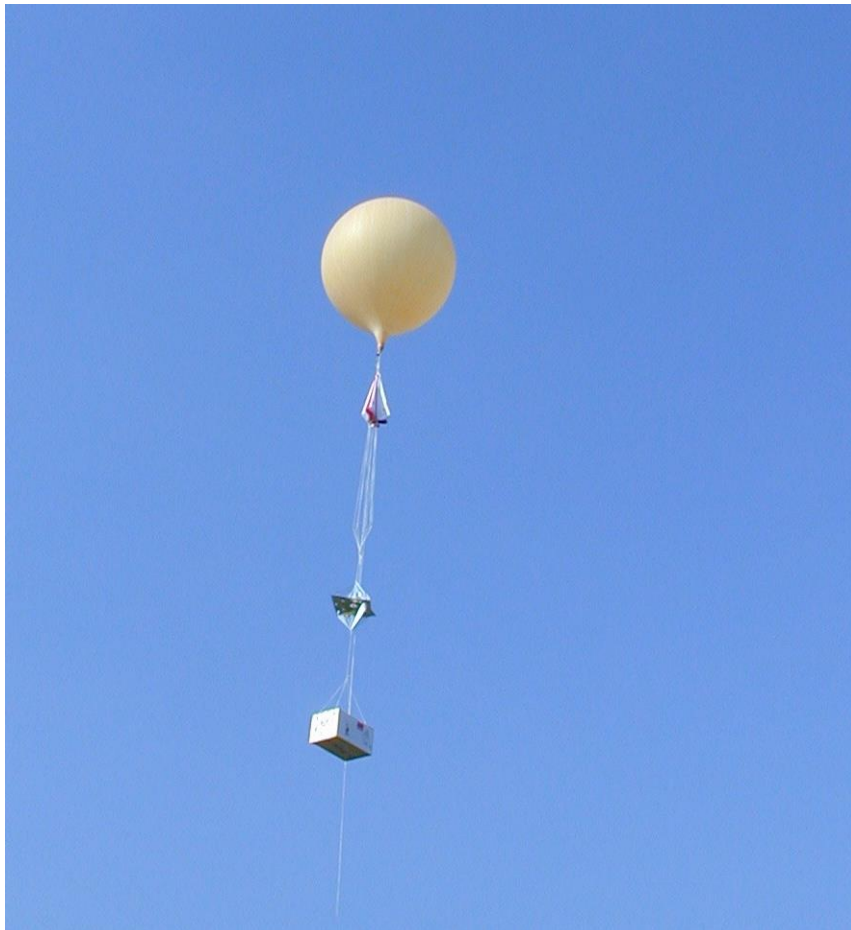


**Figure 5 : Structuration de chaque chapitre**

Avant d'entreprendre tout projet nous vous conseillons de le lire avec attention puis de le consulter régulièrement en cours de projet pour vérifier la conformité de votre travail.

En fonction du contenu de chaque nacelle, certains points peuvent être sans objet. Pour aider l'Equipe à sélectionner les chapitres pertinents, chacun d'eux débute par une case à cocher que l'Animateur suiveur cochera si besoin, lors de sa première visite. Une case déjà cochée indique que le chapitre s'adresse à toutes les nacelles.

Lors de la visite de qualification, la nacelle sera passée en revue sur tous les points du Cahier des charges et la fiche de contrôles placée à la fin de ce Cahier matérialisera cette vérification. Nous invitons l'Equipe à faire ce contrôle par elle-même quelques jours avant la visite. N'hésitez pas à photocopier la fiche de contrôles afin de pouvoir l'utiliser plusieurs fois.



**Figure 6 : Photos de lâcher de ballon**

### 10.1. DEFINITION DE L'EXPERIENCE

Ce paragraphe concerne tous les projets ballons

#### REGLES

L'équipe de jeunes fournira un ou plusieurs documents exposant au moins les points suivants (Ces documents seront une partie du dossier de projet) :

**DEF 1** : Une description des objectifs de l'expérience et une justification du choix des paramètres physiques étudiés.

**DEF 2** : Une justification du choix et performances des éléments de la chaîne de mesure (capteurs, conditionneurs, codeur,...) en relation avec les objectifs de l'expérience.

**DEF 3** : La manière de lire et d'interpréter les données reçues et/ou stockées à bord. (Méthode de décodage, courbes ou fonctions d'étalonnage etc.)

**DEF 4** : Les plans des sous-ensembles électriques.

**DEF 5** : Les plans d'interconnexions électriques entre les éléments électriques de la nacelle.

**DEF 6** : Les plans mécaniques de la nacelle.

#### CONTROLES

**DEF 1 à DEF 6** : Existence des points dans le document de projet renvoyé à Planète Sciences. Documents à jour lors de la visite de qualification de la nacelle.

## EXPLICATIONS

**DEF 1** : Le but est de s'assurer qu'il s'agit bien d'un ballon expérimental.

**DEF 2** : L'expérience définie et les paramètres physiques mesurés choisis, il en découle la définition technique. Il s'agit de s'assurer que le matériel embarqué dans la nacelle permettra d'atteindre les objectifs de l'expérience. Le choix de chaque élément dépend des compétences de l'équipe, du temps dont elle dispose, de son budget, des produits disponibles sur le marché.

**DEF 3** : Une nacelle de ballon produit des données qui sont souvent codées pour faciliter leur transmission ou leur stockage à bord. L'équipe doit montrer qu'elle sait relire les données transmises ou stockées à bord. L'étalonnage d'une chaîne de mesure consiste à quantifier la réaction du dernier maillon (traceur graphique, ordinateur...) de la chaîne, en fonction de la variation du premier maillon (capteur). La méthode utilisée doit permettre, d'obtenir avec une précision connue, la valeur du paramètre mesuré.

**DEF 4 et 5 et 6** : Le succès d'un projet nécessite des méthodes de travail efficaces. Il faut impérativement faire les schémas, les plans de la nacelle et de ses équipements avant de commencer leur réalisation. Trop souvent, les plans ne sont pas régulièrement mis à jour, ce qui peut avoir des conséquences importantes quand survient un incident le jour du lâcher et que personne ne se souvient du fonctionnement du système. Avoir une documentation à jour est la meilleure preuve de la maîtrise de son projet que peut apporter une équipe.

De plus, ces documents permettront à l'Animateur suiveur et à l'Aérotechnicien de mieux vous aider au cours de l'année et le jour du lâcher.

## RECOMMANDATIONS

L'étalonnage de la chaîne de mesure est un point important lors de la réalisation d'un projet de ballon. Il est impératif de l'effectuer avec le plus grand soin en tenant compte des grandeurs d'influence. Une grandeur d'influence est un paramètre perturbateur qui vient modifier la valeur de la grandeur que l'on souhaite mesurer.

Exemple : Est-ce que les changements de température au cours du vol ne vont pas affecter tous les capteurs de votre expérience ?

Le CNES offre la possibilité à 1 Club (maximum 2) de lâcher leur ballon durant le C'Space, campagne nationale de lancements de fusées expérimentales, qui se déroule chaque année pendant l'été. Les nombreuses campagnes régionales (aussi appelées Festiciels) organisées par les différentes délégations du réseau Planète Sciences sont aussi des occasions de lâcher. Lors de ces manifestations, les clubs bénéficieront ainsi de tout le matériel mis à disposition par Planète Sciences.

Pour des raisons de coût et d'organisation, **Planète Sciences se réserve le droit de ne pas accepter toutes les demandes d'organisation de campagnes de lâchers locales.**

**10.2. EXPERIENCES EMBARQUEES**

Ce paragraphe concerne tous les projets ballons

**REGLES**

Sont interdits :

**EX 1** : L'embarquement d'animaux morts ou vifs.

**EX 2** : Les expériences dangereuses pour l'environnement et les personnes.

**EX 3** : Les expériences visant à larguer des objets ne disposant pas d'un système de récupération propre (parachute).

**EX 4** : Les systèmes électriques générant des tensions supérieures à 24 V non protégés. Ils doivent être placés dans un boîtier isolant muni d'une étiquette "DANGER, présence de tensions égales à ... volts" sur chaque face.

**EX 5** : Les éléments piquants, coupants, etc. à l'extérieur et à l'intérieur des nacelles. Il doit être possible de mettre les mains dans la nacelle sans aucun risque.

**EX 6** : Tous les systèmes pyrotechniques y compris les fumigènes.

**EX7** : Les réservoirs de gaz sous pression. Seules les cartouches de gaz inerte du commerce sont autorisées avec accord préalable de Planète Sciences.

**EX 8** : L'embarquement d'expériences ou de balises réalisées par des radioamateurs.

**CONTROLES**

**EX 1, EX 2, EX6** : Document de projet et visite de qualification.

**EX 3** : Document de projet et vérification lors de la visite de qualification. De plus, le test de retournement doit être effectué. Il consiste à retourner la nacelle et à vérifier qu'elle ne perd aucun morceau. Le test doit être effectué une fois la nacelle terminée et équipée de ses piles.

**EX 4** : Document de projet et présence d'au moins une étiquette "DANGER, présence de tensions égales à ... volts".

**EX 5** : Vérification visuelle et actions correctives si nécessaires. Protection des éléments piquants, coupants, etc.

**EX 6, EX 7, EX 8** : Lecture du document de projet et vérification du contenu de la nacelle lors de la visite de qualification et le jour du lâcher.

### EXPLICATIONS

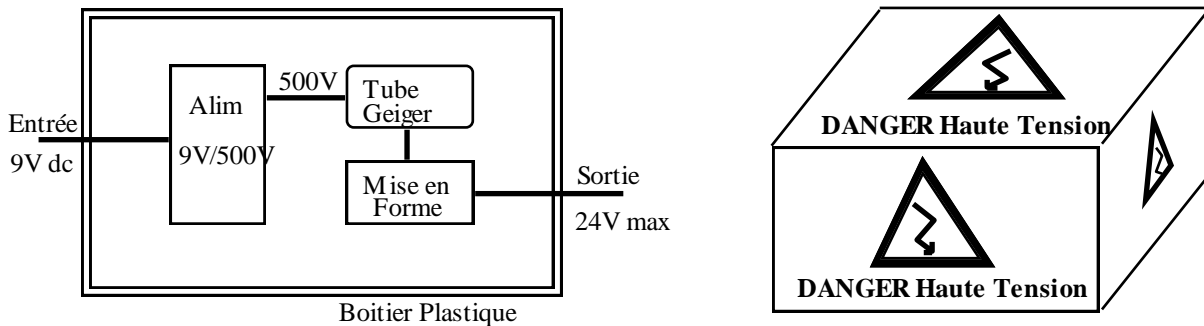
**EX 1 :** Nous pensons qu'il n'est pas nécessaire de faire souffrir un animal pour s'initier aux sciences. De plus, à  $-50^{\circ}\text{C}$  (température atteinte dès 10 000 m) et sans air une souris rencontre quelques problèmes de survie...

**EX 2, EX 4, EX 5 :** La nacelle de retour au sol peut tomber sur un lieu habité et se casser. Elle peut aussi être récupérée par un découvreur, qui va essayer de l'ouvrir, la secouer, la lancer, s'en débarrasser en la brûlant. Elle ne doit, en aucun cas présenter de danger pour celui-ci. De même, elle ne doit pas être polluante.

**EX 3 :** Tout objet largué en altitude traverse l'espace aérien. Il doit donc être muni d'un parachute. De plus, il faut réduire au maximum le risque de chute d'objets sur les lieux habités.

**EX 4 :** Voir **EX 2**. Les normes de sécurité considèrent les tensions inférieures à 24 V comme inoffensives.

**Exemple :** La nacelle embarque un tube Geiger pour mesurer les radiations en altitude. Le tube nécessite une tension d'alimentation de 500 V. On placera donc le tube et l'alimentation à découpage dans un boîtier plastique comme le montre la figure ci-dessous :



**Figure 7 : Mise en boîtier d'un élément haute tension**

**EX6 :** En plus du caractère très polluant de ces produits (cf. EX2), en cas de mauvais fonctionnement, le système pyrotechnique peut éclater au sol et provoquer un incendie ou blesser un éventuel manipulateur.

**EX7 :** Les systèmes pneumatiques peuvent présenter des dangers pour un éventuel manipulateur. Toute utilisation doit être négociée au préalable avec Planète Sciences.

**EX 8 :** Pour le respect des objectifs pédagogiques de Planète Sciences et du CNES, le matériel embarqué doit être réalisé par les jeunes eux-mêmes.

La collaboration avec des radioamateurs pour réaliser une localisation par radio de la nacelle pendant le vol et au sol est possible (chasse au renard). La localisation se fait alors par l'écoute d'une des fréquences utilisées par les émetteurs de Planète Sciences. Pour le Kiwi 137,05 ou 137.5 MHz, pour le Kikiwi 869,450 MHz ou 869,525 MHz ou 869,600 MHz.

### RECOMMANDATIONS

Si les systèmes pneumatiques utilisant des gaz sous pression sont d'un usage délicat pour des raisons de sécurité, il n'en est pas de même pour les systèmes à dépression (vide).

Une nacelle n'est pas une simple boîte dans laquelle on bourre des équipements en fin de projet. Il faut, dès le début, réfléchir à la disposition afin que chaque élément ait une place rationnelle facilement accessible qu'il soit démontable en cas de panne et qu'il ne parasite pas d'autres équipements à bord. De plus, chaque élément doit être solidement fixé à l'ensemble.



**10.3. LA CHAÎNE DE MESURE, UTILISATION DU SYSTÈME KIWI MILLENIUM 8 VOIES**

☐ *Ce paragraphe concerne uniquement les nacelles de ballons à télémesure numérique par paquets utilisant le protocole de communication Kiwi Millenium en modulation interne (8 mesures toutes les deux secondes). Ce standard est en autre utilisé pour les nacelles de l'opération "Un ballon pour l'école" embarquant le système de télémesure Kiwi Millenium.*

**REGLES**

**KIWI 1** : Le Kiwi doit être alimenté en 9 volts.

**KIWI 2** : La tension du signal à l'entrée de chaque voie doit être comprise entre 0 et 5 volts.

**KIWI 3** : Le nombre de mesures à transmettre doit être inférieur à une mesure toutes les quatre secondes pour chaque voie.

**MES 1** : L'autonomie de la chaîne de vol doit être supérieure à 3 heures.

**MES 2** : La chaîne de mesure doit être étalonnée dans son intégralité (système au sol compris) avant le vol.

**MES 3** : Les fils arrivant sur les voies analogiques de l'émetteur doivent être différenciés par des couleurs suivant la règle : rouge pour le plus 5 volts, noir pour la masse, une couleur différente pour chaque voie des capteurs. Le choix des couleurs doit être rapporté dans la documentation.

**CONTROLES**

**KIWI 1** : Documents de projets et vérification de la tension des piles.

**KIWI 2** : Mesure avec un voltmètre ou un oscilloscope ou bien analyse du schéma électrique.

**KIWI 3** : Adaptation de la bande passante des paramètres mesurés aux objectifs de l'expérience.

**MES 1** : Mesure du courant consommé par la chaîne à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentations (piles, batteries...). Un test sur table de 3 heures ou plus peut aussi faire l'affaire.

**MES 2** : Courbes d'étalonnage disponibles lors de la visite de qualification. Ne pas oublier de les apporter au moment du vol.

**MES 3** : Vérification visuelle du câblage et lecture de la documentation.

## EXPLICATIONS

**KIWI 1** : En vol, l'émetteur Kiwi Millenium doit disposer d'une tension de 9 volts. Au-delà, et à cause de la raréfaction de l'air, l'émetteur risque de chauffer et de fonctionner par intermittences. Il fonctionne jusqu'à ce que les piles atteignent 6.5 volts.

**KIWI 2** : Au-delà de cette valeur, le Kiwi Millenium ne fonctionne plus correctement et court le risque d'être endommagé.

**KIWI 3** : L'émetteur Kiwi Millenium acquiert une fois toutes les deux secondes la valeur des tensions présentes sur ses 8 entrées. La mesure d'une température qui varie lentement est donc adaptée. Par contre la détection directe du passage d'une étoile filante qui ne dure que 0,1 seconde est impossible. Il faut donc vérifier l'adéquation de la vitesse de mesure au besoin de la mesure. Application du théorème de Shannon.

**MES 1** : La durée moyenne d'un vol est de 3 h.

**MES 2** : Sans étalonnage, une nacelle perd son caractère expérimental puisque aucune valeur exacte des mesures ne pourra en être extraite.

**MES 3** : L'identification des fils arrivant à l'émetteur Kiwi facilite le dépannage d'éventuels problèmes qui ne manquent jamais de surgir dans les derniers moments. De plus, une identification aisée des fils vous sera utile lors de votre propre mise au point.

## RECOMMANDATIONS

Planète Sciences conseille fortement aux équipes ayant peu de connaissances dans les systèmes de télémétrie d'utiliser un des standards qu'elle propose ainsi que l'émetteur associé. La réalisation d'un système de télémétrie propre est délicate et souvent hors de portée des jeunes. Seul des étudiants du domaine peuvent envisager ce type de projet. Le système Kiwi Millenium est le plus facile des systèmes de télémétrie que proposent le CNES et Planète Sciences.

Pour respecter facilement les règles KIWI1 KIWI4 et MES1, Planète Sciences recommande d'alimenter le Kiwi à l'aide de 2 piles plates de 4.5 V Alcalines (0 % de mercure), neuves, montées en série, Pour les protéger du froid, Planète Science recommande de les placer à l'intérieur d'une boîte en polystyrène elle-même placée dans la nacelle. A noter qu'au sol, pendant les phases de mise au point, le Kiwi peut être alimenté sans dommage entre 9 V et 13 V par des piles ou une alimentation de laboratoire.

Reportez-vous à la note technique "Système de télémétrie Kiwi à l'usage des écoles" pour tout savoir sur ce système de télémétrie.

Le Kiwi Millenium est fourni avec une antenne mono-brin à placer verticalement hors de la nacelle, soit vers le haut soit vers le bas en prenant soin de ne pas la tordre. Pour protéger les yeux, il est recommandé de placer une protection en son extrémité.

**Attention : ne pas mettre l'émetteur sous tension sans une antenne, ne pas installer l'émetteur Kiwi Millenium sur un plan conducteur (destruction par court-circuit).**

Pour profiter pleinement de la qualité de transmission, il est préférable de piloter chaque voie par une tension variable proche de la limite autorisée.  $0 < T_e < 5$  V. Le Kiwi Millénium propose pour chaque voie une alimentation 5 V associée, il est fortement conseillé de les utiliser.

**Attention : l'usage d'un moteur électrique type « OPITEC » à bord d'une nacelle peut parasiter la télémétrie. Dans ce cas il faut prévoir des tests de compatibilité le plus tôt possible.**

Certains composants du système Kiwi étant devenus obsolètes celui-ci va être progressivement retiré au profit du système Kikiwi.

**10.4. LA CHAÎNE DE MESURE, UTILISATION DU SYSTEME KIWIMILLENIUM EN MODULATION EXTERNE**

Ce paragraphe concerne uniquement les nacelles de ballons à télémessure analogique ou numérique utilisant le Kiwi Millenium en mode modulation externe.

**REGLES**

**KIWI 1** : Le Kiwi doit être alimenté en 9 volts.

**KIWI 4** : La tension crête du signal sur l'entrée de modulation externe doit être inférieure à 5 volts.

**MES 1** : La chaîne de mesure doit posséder une autonomie supérieure à 3 heures.

**MES 2** : La chaîne de mesure doit être étalonnée dans son intégralité (système au sol compris) avant le vol.

**TEL 1** : Si la modulation et le codage choisis ne sont pas un standard Planète Sciences, le Club doit fournir la station de réception et faire la preuve du bon fonctionnement de l'ensemble de la chaîne (matériel et logiciels) lors d'un vol simulé.

**CONTROLES**

**KIWI 1** : Documents de projets et vérification de la tension des piles.

**KIWI 4** : Mesure avec un voltmètre ou un oscilloscope ou bien analyse du schéma électrique.

**MES 1** : Mesure du courant consommé par la chaîne à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentations (piles, batteries...). Un test sur table de 3 heures ou plus peut aussi faire l'affaire.

**MES 2** : Courbes d'étalonnage disponibles lors de la visite de qualification. Ne pas oublier de les apporter au moment du vol.

**TEL 1** : Vérification du standard choisi sur les documents de projet. Démonstration du bon fonctionnement de la chaîne de mesure lors d'un vol simulé.

Les modulations et codage standard de Planète Sciences pour les ballons sont :

- Modulation numérique par paquets standard Kiwi,
- Modulation numérique par paquets standard Kikiwi,
- Modulation numérique, standard SNR,
- Modulation analogique standard IRIG 20 %,

### EXPLICATIONS

**KIWI 1** : En vol, l'émetteur Kiwi Millenium doit disposer d'une tension de 9 V. Au-delà, et à cause de la raréfaction de l'air, l'émetteur risque de chauffer et de fonctionner par intermittences.

**KIWI 4** : Au-delà de 5 volts l'émetteur Kiwi peut être endommagé. Attention, la valeur optimale est inférieure à 5 Volts et dépend de la bande passante du signal modulant. Reportez-vous à la documentation spécifique de l'émetteur Kiwi Millenium.

**MES 1** : La durée moyenne d'un vol est de 3 h.

**MES 2** : Sans étalonnage, une nacelle perd son caractère expérimental puisque aucune valeur exacte de la mesure ne pourra en être extraite.

**TEL 1** : Les signaux émis par une nacelle doivent pouvoir être reçus et décodés au sol. Planète Sciences dispose du matériel et des logiciels nécessaires pour recevoir les modulations Kiwi, SNR et IRIG 20% et peut mettre ce matériel à disposition des équipes. Pour d'autres formats les équipes doivent fournir le matériel et les logiciels adaptés. Planète Sciences peut aussi mettre à disposition un récepteur dans la bande Kiwi, l'Equipe réalisant alors les équipements de démodulation.

### RECOMMANDATIONS

Planète Sciences conseille fortement aux équipes ayant peu de connaissances dans les systèmes de télémesure d'utiliser un des standards qu'elle propose ainsi que l'émetteur associé. La réalisation d'un système de télémesure propre est délicate et souvent hors de portée des jeunes. Seul des étudiants du domaine peuvent envisager ce type de projet. Le système Kiwi Millenium est le plus facile des systèmes de télémesure que proposent le CNES et Planète Sciences.

Pour respecter facilement les règles KIWI1 KIWI4 et MES1, Planète Sciences recommande d'alimenter le Kiwi à l'aide de 2 piles plates de 4.5 V Alcalines (0 % de mercure), neuves, montées en série, Pour les protéger du froid, Planète Science recommande de les placer à l'intérieur d'une boîte en polystyrène elle-même placée dans la nacelle. A noter qu'au sol, pendant les phases de mise au point, le Kiwi peut être alimenté sans dommage entre 9 V et 13 V par des piles ou une alimentation de laboratoire.

Reportez-vous à la note technique "Système de télémesure Kiwi à l'usage des Clubs" et à la documentation CNES pour tout savoir sur ce système de télémesure.

Le Kiwi Millenium est fourni avec une antenne mono-brin à placer verticalement hors de la nacelle, soit vers le haut soit vers le bas en prenant soin de ne pas la tordre. Pour protéger les yeux, il est recommandé de placer une protection en son extrémité.

**Attention : Ne pas mettre l'émetteur sous tension sans une antenne, ne pas installer l'émetteur Kiwi sur un plan conducteur (destruction par court-circuit).**

**Attention : l'usage d'un moteur électrique type « OPITEC » à bord d'une nacelle peut parasiter la télémesure. Dans ce cas, il faut prévoir des tests de compatibilité le plus tôt possible.**

Certains composants du système Kiwi étant devenus obsolètes celui-ci va être progressivement retiré au profit du système Kikiwi.

**10.5. LA CHAÎNE DE MESURE, UTILISATION DU SYSTÈME KIKIWI EN VERSION STANDARD BALLON**

☐ Ce paragraphe concerne uniquement les nacelles de ballons à télémétrie numérique par paquets utilisant le protocole de communication Kikiwi fourni par Planète Sciences (hardware et firmware). Ce standard est en outre utilisé pour les nacelles de l'opération "Un ballon pour l'école" embarquant le système de télémétrie Kikiwi.

**REGLES**

**KIKIWI 1** : En vol, le Kikiwi doit être alimenté en 9 volts.

**KIKIWI 2** : La tension du signal à l'entrée de chaque voie analogique doit être comprise entre 0 et 3 volts.

**KIKIWI 3** : Le nombre de mesures à transmettre doit être inférieur à une mesure toutes les quatre secondes ou toutes les 6 secondes en fonction du mode de fonctionnement retenu et cela pour chaque voie analogique.

**KIKIWI 4** : Le Kikiwi doit être programmé pour envoyer des SMS de localisation avec une carte SIM en cours de validité et une procédure de récupération de la nacelle doit être établie avant le lâcher.

**KIKIWI 5** : Si le port série est utilisé, l'équipe devra faire la preuve du bon fonctionnement de l'ensemble de la chaîne (matériel et logiciels) lors d'un vol simulé.

**KIKIWI 6** : Le Kikiwi doit être utilisé avec les deux antennes fournies avec la carte émettrice et doit être installé à l'intérieur de la nacelle de manière à ce que les antennes soient verticales et dirigées vers le haut. Il doit être protégé de l'humidité.

**MES 1** : L'autonomie de la chaîne de vol doit être supérieure à 3 heures.

**MES 2** : La chaîne de mesure doit être étalonnée dans son intégralité (système au sol compris) avant le vol.

**MES 3** : Les fils arrivant sur les voies analogiques de l'émetteur Kikiwi doivent être différenciés par des couleurs suivant la règle : rouge pour le plus 3 volts, noir pour la masse, une couleur différente pour chaque voie des capteurs. Le choix des couleurs doit être rapporté dans la documentation.

**CONTROLES**

**KIKIWI 1** : Documents de projets et vérification de la tension des piles.

**KIKIWI 2** : Mesure avec un voltmètre ou un oscilloscope ou bien analyse du schéma électrique.

**KIKIWI 3** : Adaptation de la bande passante des paramètres mesurés aux objectifs de l'expérience.

**KIKIWI 4** : Vérification du bon fonctionnement de la carte SIM à l'aide du logiciel Kikiwisoft. Présentation lors de la qualification de la procédure de récupération de la nacelle mise en place.

**KIKIWI 5** : Démonstration de bon fonctionnement, vol simulé.

**KIKIWI 6** : Contrôle de la documentation, contrôle visuel lors de la qualification.

**MES 1** : Mesure du courant consommé par la chaîne à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentations (piles, batteries...). Un test sur table de 3 heures ou plus peut aussi faire l'affaire.

**MES 2** : Courbes d'étalonnage disponibles lors de la visite de qualification. Ne pas oublier de les apporter au moment du vol.

**MES 3** : Vérification visuelle et lecture de la documentation.

## EXPLICATIONS

**KIKIWI 1** : En vol, l'émetteur Kikiwi doit disposer d'une tension de 9 V. Au-delà, et à cause de la raréfaction de l'air, l'émetteur risque de chauffer et de fonctionner par intermittences.

**KIKIWI 2** : Au-delà de cette valeur, le Kikiwi ne fonctionne plus correctement et court le risque d'être endommagé.

**KIKIWI 3** : L'émetteur Kikiwi acquiert une fois toutes les deux secondes, ou toutes les 3 secondes, la valeur des tensions présentes sur ses 8 entrées. La mesure d'une température qui varie lentement est donc adaptée. Par contre la détection directe du passage d'une étoile filante qui ne dure que 0,1 seconde est impossible. C'est en cela qu'il faut vérifier l'adéquation de la vitesse de mesure au besoin. Application du théorème de Shannon.

**KIKIWI 4** : Afin de faciliter la récupération de la nacelle, le Kikiwi est équipé d'un GPS. Une fois posé le Kikiwi va communiquer sa position via le réseau GSM vers des téléphones portables choisis par l'Equipe lors de la préparation de la mission. L'installation d'une carte SIM est donc indispensable. Le Kikiwi est conçu pour être récupéré après chaque vol, vérifié et attribué à un nouveau projet l'année suivante.

**KIKIWI 5** : Le Kikiwi est équipé d'un port série permettant la transmission de données issues d'un autre équipement placé dans la nacelle, une carte Arduino par exemple. L'équipe doit apporter la preuve que cet équipement fonctionne et transmet correctement ses données au Kikiwi.

**KIKIWI 6** : Le Kikiwi doit être orienté vers le haut pour recevoir correctement les signaux de la constellation de satellites GPS et émettre en polarisation verticale pour être compatible de la station de réception.

**MES 1** : La durée moyenne d'un vol est de 3 h.

**MES 2** : Sans étalonnage, une nacelle perd son caractère expérimental puisque aucune valeur exacte de la mesure ne pourra en être extraite.

**MES 3** : L'identification des fils arrivant à l'émetteur Kikiwi facilite le dépannage d'éventuels problèmes qui ne manquent jamais de surgir dans les derniers moments. De plus, une identification aisée des fils vous sera utile lors de votre propre mise au point.

## RECOMMANDATIONS

Planète Sciences conseille fortement aux équipes ayant peu de connaissances dans les systèmes de télémesure d'utiliser un des standards qu'elle propose ainsi que l'émetteur associé. La réalisation d'un système de télémesure propre est délicate et souvent hors de portée des jeunes. Seul des étudiants du domaine peuvent envisager ce type de projet. Le système Kikiwi est un des systèmes de télémesure que proposent le CNES et Planète Sciences accessible aux jeunes.

Pour respecter facilement les règles KIKIWI1 et MES1, Planète Sciences recommande d'alimenter le Kikiwi à l'aide de 2 piles plates de 4.5 V Alcalines (0 % de mercure), neuves, montées en série, Pour les protéger du froid, Planète Science recommande de les placer à l'intérieur d'une boîte en polystyrène elle-même placée dans la nacelle. A noter qu'au sol, pendant les phases de mise au point, le Kikiwi peut être alimenté sans dommage entre 9 V et 13 V par des piles ou une alimentation de laboratoire.

Reportez-vous au manuel utilisateur pour tout savoir sur ce système de télémesure.  
<http://www.kikiwi.fr/index.php?page=kikiwi-doc>

Attention : Ne pas mettre l'émetteur sous tension sans ses antennes, ne pas installer l'émetteur Kikiwi sur un plan conducteur (destruction par court-circuit).

**Attention : l'usage d'un moteur électrique type « OPITEC » à bord d'une nacelle peut parasiter la télémesure. Certaines caméras type GoPro font de même. Dans ce cas il faut prévoir des tests de compatibilité le plus tôt possible.**

Le Kikiwi va progressivement remplacer le Kiwi en cours d'obsolescence.

**10.6. LA CHAÎNE DE MESURE, UTILISATION DU STANDARD DE TELEMESURE SNR**

Ce paragraphe concerne uniquement les nacelles de ballons à télémessure numérique utilisant le protocole de communication SNR. Ce standard n'est pas utilisé dans le cadre de l'opération "Un ballon pour l'école".

**REGLES**

**SNR 1** : La trame de transmission doit être conforme au standard SNR.

**SNR 2** : Les fréquences modulantes doivent être conformes au standard SNR.

**SNR 3** : La bande passante du signal en entrée du convertisseur doit être limitée au plus à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

**MES 1** : La chaîne de mesure doit posséder une autonomie supérieure à 3 heures.

**MES 2** : La chaîne de mesure doit être étalonnée dans son intégralité (système au sol compris) avant le vol.

**MES 3** : Les fils issus des capteurs doivent être différenciés par des couleurs suivant la règle : rouge pour le plus, noir pour la masse, une couleur différente pour chaque voie des capteurs. Le choix des couleurs doit être rapporté dans la documentation.

**CONTROLES**

**SNR 1** : Vérification d'une bonne réception des données avec le logiciel SNR.

**SNR 2** : Mesure au fréquencemètre des fréquences à l'entrée de l'émetteur.

**SNR 3** : Relevé de la réponse fréquentielle de chaque filtre anti-repliement. Analyse théorique ou preuve expérimentale.

**MES 1** : Mesure du courant consommé par la chaîne à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentation (piles, batteries, ...).

**MES 2** : Courbes d'étalonnage disponibles lors de la visite d'avancement. Ne pas oublier de les apporter au moment du vol.

**MES 3** : Vérification visuelle et lecture de la documentation.

### **EXPLICATIONS**

**SNR 1** : Le logiciel de réception ne peut décoder les voies de télémesure que si la trame est respectée. Le standard SNR est disponible sur demande à Planète Sciences.

**SNR 2** : Par construction, le discriminateur ne peut pas décoder d'autres fréquences que celles spécifiées dans le dossier "Télémesure numérique".

**SNR 3** : Il s'agit de respecter le théorème de Shannon et éviter ainsi le repliement du spectre.

**MES 1** : La durée moyenne d'un vol est de 3 heures.

**MES 2** : Sans étalonnage, une nacelle perd son caractère expérimental puisque aucune valeur exacte de la mesure ne pourra en être extraite.

**MES 3** : L'identification des fils arrivant à l'émetteur Kiwi facilite le dépannage d'éventuels problèmes qui ne manquent jamais de surgir dans les derniers moments. De plus, une identification aisée des fils vous sera utile lors de votre propre mise au point.

### **RECOMMANDATIONS**

Planète Sciences conseille fortement aux équipes ayant peu de connaissances dans les systèmes de télémesure d'utiliser un des standards qu'elle propose ainsi que l'émetteur associé. La réalisation d'un système de télémesure propre est très délicate et souvent hors de portée des jeunes. Seul des étudiants du domaine peuvent envisager ce type de projet. Les systèmes Kiwi Millenium et Kikiwi sont les plus simples systèmes de télémesure que proposent le CNES et Planète Sciences.

Reportez-vous au dossier technique "Télémesure numérique" pour tout savoir sur le protocole SNR.



**10.7. LA CHAÎNE DE MESURE, UTILISATION DU STANDARD DE TELEMESURE IRIG 20 %**

Ce paragraphe concerne uniquement les nacelles de ballons à télémétrie analogique utilisant le protocole de communication IRIG 20%. Ce standard n'est pas utilisé dans le cadre de l'opération "Un ballon pour l'école".

**REGLES**

**IRIG 1** : Les fréquences modulantes et l'excursion de fréquence doivent être conformes au standard IRIG de la documentation Planète Sciences.

**MES 1** : La chaîne de mesure doit posséder une autonomie supérieure à 3 heures.

**MES 2** : La chaîne de mesure doit être étalonnée dans son intégralité (système au sol compris) avant le vol.

**MES 3** : Les fils issus des capteurs doivent être différenciés par des couleurs suivant la règle : rouge pour le plus, noir pour la masse, une couleur différente pour chaque voie des capteurs. Le choix des couleurs doit être rapporté dans la documentation.

**CONTROLES**

**IRIG 1** : Vérification d'une bonne réception des données avec le matériel Planète Sciences. Vérification des fréquences à l'entrée du sommateur analogique des voies ou vérification de la composition du multiplexe à l'analyseur de spectre.

**MES 1** : Mesure du courant consommé par la chaîne à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentation (piles, batteries, ...).

**MES 2** : Courbes d'étalonnage disponibles lors de la visite d'avancement. Ne pas oublier de les apporter au moment du vol.

**MES 3** : Vérification visuelle et lecture de la documentation.

### **EXPLICATIONS**

**IRIG 1** : Le matériel que Planète Sciences met à disposition des Equipes ne peut démoduler les voies de télémesure que si les fréquences des sous porteuses est compatibles de ce matériel.

**MES 1** : La durée moyenne d'un vol est de 3 heures.

**MES 2** : Sans étalonnage, une nacelle perd son caractère expérimental puisque aucune valeur exacte de la mesure ne pourra en être extraite.

**MES 3** : L'identification des fils arrivant à l'émetteur Kiwi facilite le dépannage d'éventuels problèmes qui ne manquent jamais de surgir dans les derniers moments. De plus, une identification aisée des fils vous sera utile lors de votre propre mise au point.

### **RECOMMANDATIONS**

Planète Sciences conseille fortement aux équipes ayant peu de connaissances dans les systèmes de télémesure d'utiliser un des standards qu'elle propose ainsi que l'émetteur associé. La réalisation d'un système de télémesure propre est très délicate et souvent hors de portée des jeunes. Seul des étudiants du domaine peuvent envisager ce type de projet. Les systèmes Kiwi Millenium et Kikiwi sont les plus simples des systèmes de télémesure que proposent le CNES et Planète Sciences.

**10.8. LA CHAÎNE DE MESURE, UTILISATION D'UN AUTRE STANDARD DE TELEMESURE**

Ce paragraphe concerne uniquement les nacelles de ballons équipées d'un système de télémesure mis au point par l'équipe de jeunes et fonctionnant suivant un standard qui n'est, ni SNR, ni mode paquets Kiwi Millenium, ni Kikiwi, ni IRIG 20 %. Sont en outre concernés les projets utilisant un émetteur Kikiwi dont le firmware aura été modifié par l'Equipe.

**REGLES**

**MES 1** : La chaîne de mesure doit posséder une autonomie supérieure à 3 heures.

**MES 2** : La chaîne de mesure doit être étalonnée dans son intégralité (système au sol compris) avant le vol.

**SNR 3** : La bande passante du signal en entrée du convertisseur doit être limitée à la moitié de la fréquence d'échantillonnage. (cas des modulations numériques)

**MES 3** : Les fils arrivant issus des capteurs doivent être différenciés par des couleurs suivant la règle : rouge pour le plus, noir pour la masse, une couleur différente pour chaque voie. Le choix des couleurs doit être rapporté dans la documentation.

**TEL 1** : L'Equipe doit fournir la station de réception et faire la preuve du bon fonctionnement de l'ensemble de la chaîne (matériel et logiciels) lors d'un vol simulé.

**TEL 2** : Pour les standards analogiques, un système d'enregistrement direct du signal reçu au sol en sortie de récepteur est obligatoire. Pour les standards numériques, les données reçues doivent être stockées au sol afin de pouvoir réaliser un dépouillement après le vol.

**CONTROLES**

**MES 1** : Mesure du courant consommé par la chaîne à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentations (piles, batteries...).

**MES 2** : Courbes d'étalonnage disponibles lors de la visite d'avancement. Ne pas oublier de les apporter au moment du vol.

**SNR3** : Relevé de la réponse fréquentielle de chaque filtre anti-repliement. Analyse théorique ou preuve expérimentale.

**MES 3** : Vérification visuelle et lecture de la documentation.

**TEL 1** : Vérification du standard choisi sur les documents de projet. Démonstration du bon fonctionnement de la chaîne de mesure lors d'un vol simulé.

**TEL 2** : Simulation du vol et enregistrement du signal en sortie de récepteur (standard analogique) ou des données (standard numérique) puis démonstration de l'aptitude à relire les signaux ou les données enregistrées.

## EXPLICATIONS

**MES 1** : La durée moyenne d'un vol est de 3 h.

**MES 2** : Sans étalonnage, une nacelle perd son caractère expérimental puisque aucune valeur exacte de la mesure ne pourra en être extraite.

**SNR 3** : Théorème de Shannon

**MES 3** : L'identification des fils arrivant à l'émetteur Kiwi facilite le dépannage d'éventuels problèmes qui ne manquent jamais de surgir dans les derniers moments. De plus, une identification aisée des fils vous sera utile lors de votre propre mise au point.

**TEL 1** : Il ne sert à rien de faire voler une nacelle sans station sol en état de marche. Planète Sciences peut mettre à disposition un récepteur HF, ainsi qu'un système d'enregistrement. Le Club aura alors à charge le traitement des données reçues.

**TEL 2** : Quand une équipe a mis au point un nouveau système de télémesure analogique, elle a eu l'occasion de tester la démodulation dans des conditions de laboratoire souvent éloignées des conditions de vol (rapport signal / bruit en particulier et température). De ce fait celle-ci n'est pas toujours réglée de façon optimale et ne fonctionnera peut être pas du premier coup lors du vol. L'enregistrement du signal en sortie de récepteur permettra après le vol de disposer autant de fois que nécessaire de tout le signal pour effectuer plusieurs tentatives de démodulation avec des réglages différents. Pour des raisons similaires, la possibilité de pouvoir relire les données plusieurs fois après le vol est nécessaire pour les standards numériques.

## RECOMMANDATIONS

Planète Sciences conseille fortement aux équipes ayant peu de connaissances dans les systèmes de télémesure d'utiliser un des standards qu'elle propose ainsi que l'émetteur associé. La réalisation d'un système de télémesure propre est très délicate et souvent hors de portée des jeunes. Seuls des étudiants du domaine peuvent envisager ce type de projet. Les systèmes Kiwi Millenium et Kikiwi sont les systèmes de télémesure les plus simples que proposent le CNES et Planète Sciences.

Planète Sciences signale que les modulations analogiques sont sensibles aux variations de température dues à la dérive des composants électroniques et donc pas très adaptées à l'environnement subi par une nacelle de ballon. Des précautions doivent être prises à la conception des circuits. Les modulations numériques sont de ce point de vue souvent plus robustes.

**10.9. L'ÉMETTEUR**

Ce paragraphe concerne les nacelles de ballons embarquant un émetteur non fourni par Planète Sciences donc fourni par équipe de jeunes.

**REGLES**

**TEL 3** : Seules les fréquences d'émission des émetteurs CNES / Planète Sciences (137,05 ou 137,5 MHz) avec une puissance d'émission inférieure à 0,25 watt et une bande passante inférieure à 12,5 kHz sont autorisées. Pour d'autres fréquences, l'équipe de jeunes devra soit utiliser une bande ISM en conformité avec la réglementation soit obtenir une autorisation d'usage spécifique auprès de l'autorité responsable de la bande choisie.

**TEL 4** : L'antenne doit être choisie pour que la rotation de la nacelle n'influe pas sur le niveau de réception du signal.

**TEL 5** : Tout système de transmission utilisant un émetteur autre que ceux fournis par Planète Sciences doit permettre la réception des informations dans un rayon de 200 km autour du point de départ.

**TEL 6** : Si une fréquence autre que celle compatible des récepteurs dont dispose Planète Sciences est utilisée par l'Équipe, elle devra montrer qu'elle dispose d'une station de réception adaptée.

**CONTROLES**

**TEL 3** : La vérification se fera par la lecture du dossier de projet fourni par l'équipe (plans, caractéristiques de l'émetteur, autorisations obtenues) puis au moment de la qualification de la nacelle par la mesure de la fréquence d'émission, de la puissance émise et de la bande passante, (récepteur radio, analyseur de spectre, fréquence mètre, wattmètre, etc.) et validation en fonction des valeurs réglementaires.

**TEL 4** : Vérification du diagramme de rayonnement théorique de l'antenne ou bien vérification expérimentale avec mise en rotation de la nacelle autour de la chaîne de vol.

**TEL 5** : Fourniture d'un bilan de liaison tenant compte de la fréquence utilisée, de la puissance émise et des caractéristiques de la station de réception (gain antenne, sensibilité etc.)

**TEL 6** : Présentation de la station en état de fonctionnement lors de la qualification de la nacelle.

### **EXPLICATIONS**

**TEL 3** : L'émission de signaux radio est soumise à réglementation. Planète Sciences dispose des autorisations pour les fréquences (137,05 ou 137,5 MHz) et les met à disposition des jeunes. Aux autres fréquences les jeunes doivent apporter les éléments montrant la conformité de l'émission à la réglementation.

**TEL 4** : En vol, un ballon présente généralement une rotation lente suivant l'axe de la chaîne de vol et la transmission peut en être affectée si l'antenne ne rayonne pas correctement dans toutes les directions.

**TEL 5** : Les ballons expérimentaux poussés par les vents peuvent à certaines saisons parcourir plus de 200 km en 3 heures de vol.

**TEL 6** : Il ne sert à rien d'émettre si l'on ne peut pas recevoir ! De plus l'équipe doit disposer de cet équipement au cours du projet pour mener des essais.

### **RECOMMANDATIONS**

Planète Sciences recommande aux Equipes d'utiliser les émetteurs mis à leur disposition. La fabrication d'un émetteur est un travail difficile réservé à des électroniciens confirmés.

Les équipes qui souhaitent utiliser d'autres fréquences que celles mises à disposition par le CNES (137,05 ou 137,5 MHz), en particulier pour les transmissions vidéo, doivent être conscientes que les délais nécessaires pour obtenir l'autorisation d'émettre auprès des autorités de régulation des fréquences sont longs et incertains. Planète Sciences ne peut commencer les actions pour organiser un lâcher tant que cette autorisation n'est pas obtenue. Dès qu'une Equipe souhaite effectuer de telles démarches, il est nécessaire qu'elle en informe Planète Sciences pour pouvoir mener des actions coordonnées et profiter de l'expérience acquise lors de projets similaires antérieurs.

La qualification d'une nacelle embarquant un émetteur réalisé par L'Equipe étant plus longue qu'avec un émetteur au standard Planète Sciences, la visite de qualification doit être organisée bien avant la date du lâcher.

Planète Sciences conseille aux Equipes de réaliser une antenne du type "Ground plane" qui donne de bons résultats. Le brin central est vertical et orienté vers le bas ou vers le haut.

**10.10. SYSTEMES AVEC STOCKAGE DES DONNEES A BORD**

Ce paragraphe concerne les expérimentateurs désireux de stocker leurs données à bord soit par sécurité (en plus d'une émission radio), soit parce que la nacelle n'embarque pas de télémétrie radio.

**REGLES**

**STO 1** : Si la nacelle n'est pas équipée d'une télémétrie, un système de stockage des données à bord est obligatoire.

**STO 2** : Le système de stockage doit pouvoir assurer la sauvegarde des données pendant plusieurs semaines.

**STO 3** : L'expérimentateur doit apporter la preuve avant le vol, qu'il est capable de décoder ou de relire les données enregistrées dans un format exploitable.

**MES 2** : La chaîne de mesure doit être étalonnée dans son intégralité (système de lecture au sol compris s'il y en a un de nécessaire) avant le vol.

**CONTROLES**

**STO 1** : Documents de projet et vérification du contenu de la nacelle.

**STO 2** : On vérifie l'étanchéité du système de stockage. Si nécessaire, on évalue si nécessaire son autonomie électrique.

**STO 3** : Simulation du vol et démonstration au sol de l'aptitude à décoder ou à relire les données.

**MES 2** : Courbes d'étalonnages disponibles lors de la visite d'avancement. Ne pas oublier de les apporter le jour du vol.

### **EXPLICATIONS**

**STO 1** : Une nacelle sans télémessure ou sans stockage des données à bord perd son caractère expérimental puisqu'il sera impossible d'exploiter les mesures faites à bord.

**STO 2** : Sans système de localisation spécifique, près de la moitié des nacelles est retrouvée par des promeneurs. La durée de récupération va de quelques heures à 1 an. Au-delà, on considère qu'une nacelle est perdue. Un an laisse le temps à tous les utilisateurs d'un territoire de l'avoir parcouru (agriculteurs, chasseurs, touristes...). Un minimum d'étanchéité à l'humidité permet de limiter l'effacement des données. L'étanchéité du système de stockage des données peut être réalisée en le plaçant dans une boîte hermétique ou bien en rendant l'ensemble de la nacelle relativement hermétique.

**STO 3** : Les systèmes de stockage à bord sont spécifiques à chaque nacelle car, dans ce domaine, il n'existe pas de standard. L'Equipe doit montrer que le système de stockage de données qu'il a mis au point est efficace. En cas d'impossibilité d'exploiter les données enregistrées, la nacelle perd son caractère expérimental.

**MES 2** : Sans étalonnage, une nacelle perd son caractère expérimental puisque aucune valeur exacte de la mesure ne pourra en être extraite. Le décodage peut nécessiter un appareillage au sol. Dans ce cas le système au sol doit être impliqué dans l'étalonnage.

### **RECOMMANDATIONS**

Si vous utilisez des enregistrements graphiques, préférez l'emploi de crayons ; stylos ou feutres indélébiles.

Attention à ne pas obtenir une étanchéité totale. En effet, en altitude la pression étant plus faible, il faut que l'air stocké dans les volumes puisse s'échapper à la montée puis de nouveau entrer à la descente. Un simple petit trou dans les volumes suffit à équilibrer les pressions.

Par exemple, si l'on place un système d'enregistrement dans un récipient en plastique à couvercle étanche tels ceux utilisés pour le stockage alimentaire, en altitude l'air piégé à l'intérieur à la pression du sol va avoir tendance en vol à faire sauter le couvercle sauf si un petit trou (un évent) lui permet de s'échapper.



#### **10.11. LE SYSTEME DE RECUPERATION**

*Toutes les nacelles de ballons sont concernées par ce paragraphe.*

#### **REGLES**

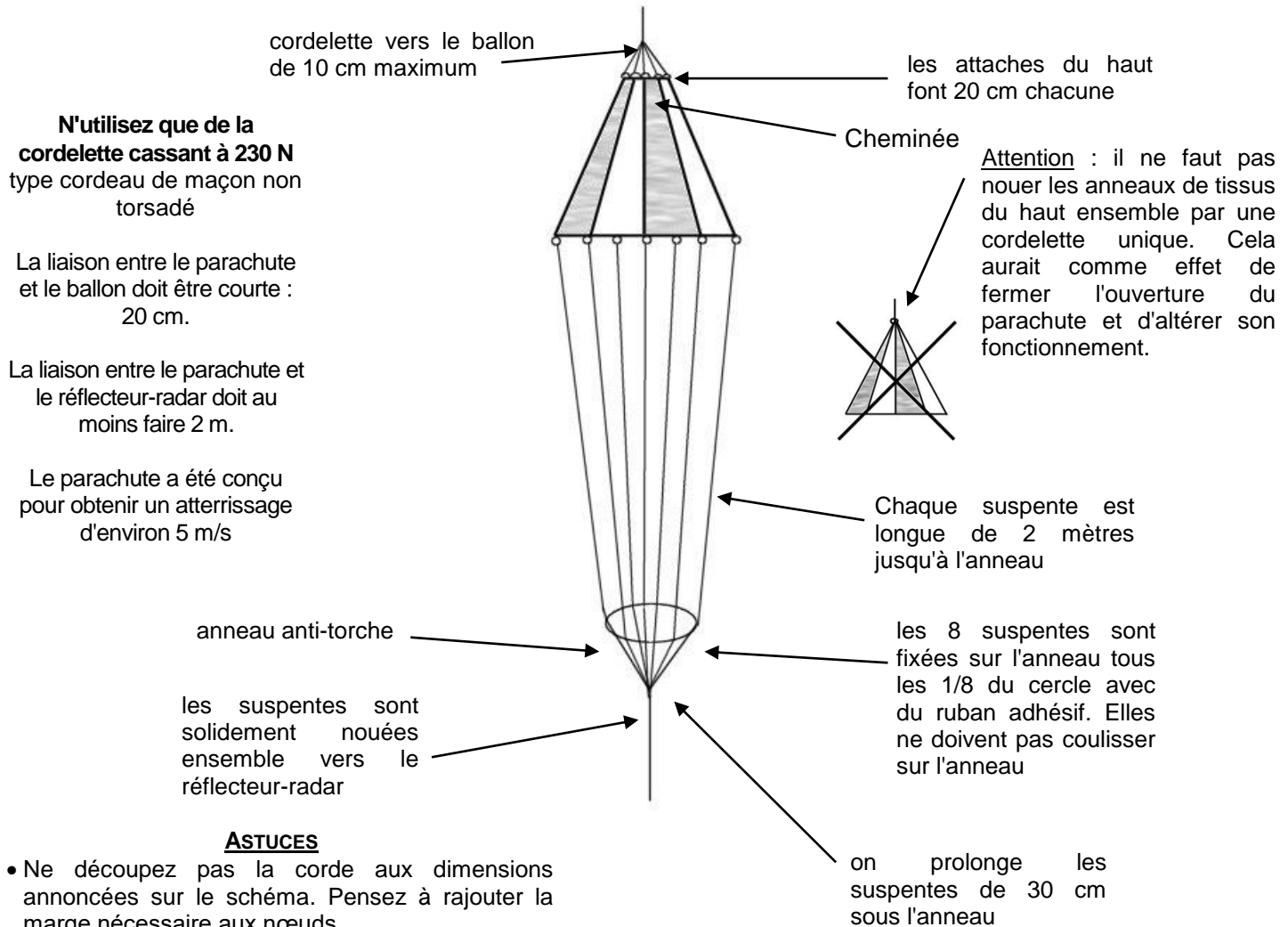
**SR 1** : Le seul système de récupération autorisé est le parachute CNES pré-déployé, d'environ 1,2 mètre de diamètre et équipé d'un anneau écarteur au bas des suspentes, complété par un réflecteur radar de 0,75 m d'envergure. Ce matériel sera fourni par l'Aérotechnicien le jour du lâcher ou durant la visite de qualification. Ils doivent être montés comme indiqué dans le schéma ci-joint ou comme expliqué dans le document « Le jour du lâcher ».

#### **CONTROLES**

**SR 1** : Contrôle visuel au cours du montage de la chaîne de vol, avec respect du plan de montage et de la longueur des suspentes.

**EXPLICATIONS**

**SR 1** : Le parachute pré-déployé CNES est un parachute hémisphérique, disposé entre le ballon et le réflecteur-radar. Le parachute, l'anneau et la ficelle sont fournis. Il est nécessaire de monter l'ensemble en respectant le schéma suivant :

**ASTUCES**

- Ne découpez pas la corde aux dimensions annoncées sur le schéma. Pensez à rajouter la marge nécessaire aux nœuds.
- Prévoir 25 mètres de cordelette par parachute.
- Evitez d'utiliser de la cordelette torsadée.

**Figure 8 : Schéma de montage du parachute**

**SR 2** : Raisons évidentes de sécurité en cas de chute sur un lieu habité. Si votre projet comporte deux nacelles, il est impératif d'en informer Planète Sciences au plus tôt pour qu'une seconde chaîne de vol et qu'un volume d'hélium suffisant soit réservé.

**RECOMMANDATIONS**

Si une Equipe souhaite réaliser elle-même son parachute et donc demander une dérogation à la règle SR 1, elle devra fournir pour approbation un plan du parachute avant sa réalisation et devra présenter le parachute réalisé pour vérification à Planète Sciences quelques jours avant le lâcher.

**10.12. IDENTIFICATION ET LOCALISATION DES NACELLES**

Toutes les nacelles de ballons sont concernées par ce paragraphe.

**REGLES**

**LOC 1** : La chaîne de vol doit être munie d'un réflecteur-radar passif. La personne habilitée chargée du lâcher l'apportera le jour du lâcher.

**LOC 2** : Les systèmes de localisation par émission radio pour situer ou récupérer la nacelle sont autorisés dans la mesure où ils ne transgressent pas la législation liée à l'utilisation des radiofréquences. L'Equipe produira l'autorisation d'utiliser la bande radio du système de localisation fournie par l'autorité compétente.

**LOC 3** : Si le système de localisation radio n'utilise pas un standard de télémétrie Planète Sciences pour transmettre la position au sol, l'expérimentateur doit fournir le matériel de réception et de décodage (matériel et logiciels) et montrer le bon fonctionnement de l'ensemble lors d'un vol simulé.

**LOC 4** : Une étiquette autocollante fournie par le CNES doit obligatoirement être collée pour être lisible sur une des faces de la nacelle. Si besoin d'autres étiquettes devront être apposées ainsi que sur les éléments largables.

**LOC 5** : **Chaque nacelle doit posséder un nom de projet** qui devra figurer sur une seconde étiquette, précisant la nature de l'objet, les coordonnées de l'expérimentateur, **le nom du ballon**, le lieu et la date de lâcher et, si besoin, le nom de l'association qui a mis en œuvre le ballon. Cette étiquette doit être conçue pour supporter l'humidité et rester fixée à l'extérieur de la nacelle pendant plusieurs jours après le vol. Un double de cette étiquette doit être placé à l'intérieur de la nacelle.

**EX 8** : L'embarquement d'expériences ou de balises réalisées par des radioamateurs n'est pas autorisé.

**CONTROLES**

**LOC 1** : La personne habilitée au lâcher insère l'objet dans la chaîne de vol.

**LOC 2** : Lecture du document de projet. Vérification lors de la visite de qualification et le jour du lâcher. Si nécessaire présentation par l'équipe de l'autorisation d'utiliser la bande de fréquence du système de radiolocalisation.

**LOC 3** : Essai de transmission et de décodage avec le matériel de l'expérimentateur.

**LOC 4 et LOC 5** : Présence des étiquettes lors de la visite de qualification et le jour du lâcher.

**EX 8** : Lecture du document de projet et vérification du contenu de la nacelle lors de la visite de qualification et le jour du lâcher.

## EXPLICATIONS

**LOC 1** : Facilite la détection de la nacelle par les radars de surveillance aérienne. Contribue à la réduction de la vitesse de chute en cas de mauvais fonctionnement du parachute.

**LOC 2** : Conformément à la réglementation.

**LOC 3** : Un système de localisation radio est constitué d'une partie embarquée et d'une autre au sol. Une équipe qui met au point un tel système doit montrer qu'elle dispose des deux éléments.

**LOC 4** : Le but est d'informer les personnes qui retrouvent la nacelle et qui peuvent s'inquiéter sur son origine. L'étiquette CNES indique un numéro de téléphone « vert » qui permet aux personnes découvrant la nacelle de déposer un message téléphonique gratuitement. Ce répondeur est régulièrement écouté par Planète Sciences.

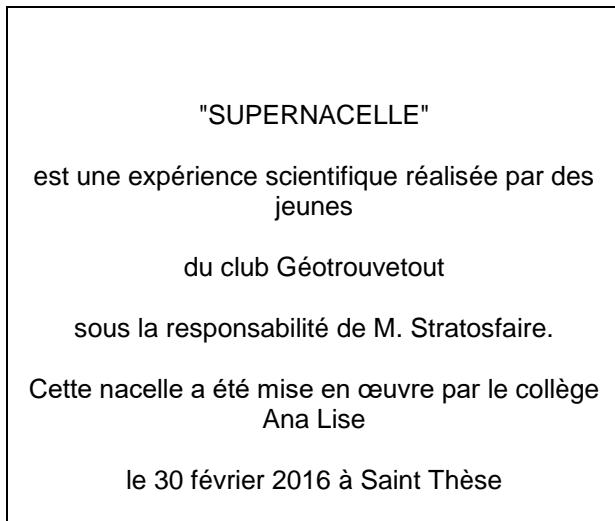
**LOC 5** : L'étiquette indiquant le nom du projet permet d'identifier la nature de l'objet. Les étiquettes doivent être encore lisibles plusieurs semaines après le vol en cas de récupération tardive. Le double à l'intérieur de la nacelle est mieux protégé. 100 ballons environ sont lâchés chaque année en France, sans nom, impossible d'identifier l'Equipe à qui la retourner.

**EX 8** : Pour le respect des objectifs pédagogiques de Planète Sciences et du CNES, le matériel embarqué doit être réalisé par les jeunes eux-mêmes.

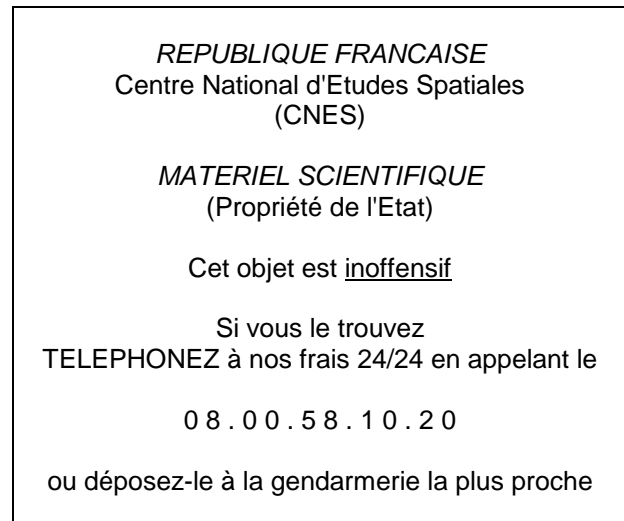
La collaboration avec des radioamateurs pour réaliser une localisation par radio de la nacelle pendant le vol et au sol est possible (chasse au renard). La localisation se fait alors par l'écoute d'une des fréquences utilisées par les émetteurs de Planète Sciences. Pour le Kiwi 137,05 ou 137.5 MHz, pour le Kikiwi 869,450 MHz ou 869,525 MHz ou 869,600 MHz.

## RECOMMANDATIONS

Les étiquettes obligatoires à disposer à plusieurs endroits sur la nacelle sont :



**Figure 9**  
**Exemple d'étiquette à réaliser par les jeunes**



**Figure 10**  
**Etiquette fournie par l'Aérotechnicien le jour du lâcher**

Une manière simple de rendre une étiquette peu sensible à l'humidité est de la placer dans une pochette plastifiée transparente qui sera fixée solidement sur la nacelle.

Et ne pas oublier un autocollant CNES en remerciement du soutien qu'il accorde à l'activité ballons pour les jeunes.

**10.13. MECANIQUE DE LA NACELLE**

Toutes les nacelles de ballons sont concernées par ce paragraphe.

**REGLES**

**MEC 1** : La nacelle contenant l'expérience doit avoir une masse inférieure à 1,8 kg.

**MEC 2** : La plus petite arête de la base d'une nacelle ne peut être inférieure à 25 cm. La hauteur d'une nacelle ne peut être inférieure à 10 cm.

**MEC 3** : La masse surfacique maximum de la nacelle doit être inférieure à 13 g/cm<sup>2</sup>.

**MEC 4** : Toute suspente ou câble extérieur à la nacelle doit pouvoir se rompre sous l'effet d'une force de traction de 230 N (environ 23 kg).

**MEC 5** : Les éléments de la chaîne de vol doivent être fabriqués en matériaux peu denses (polystyrène extrudé, carton fort, plastiques légers...).

**MEC 6** : Le contenu de la nacelle doit pouvoir être accessible, jusqu'au moment du lâcher.

**MEC 7** : La nacelle sera accroché par une ligature type « paquet cadeau » avec de la cordelette résistante à au moins 20 kg.

**CONTROLES**

**MEC 1** : Pesée à l'aide d'une balance.

**MEC 2** : Mesure avec un mètre.

**MEC 3** : La masse de chaque nacelle est divisée par la plus petite surface rigide visible. Les extrémités des antennes doivent être protégées par des blocs de polystyrène solidement fixés.

**MEC 4** : On lit la solidité sur l'étiquette de la bobine de cordelette ou bien on suspend une masse de 23 kg à un échantillon de cordelette destinée à servir de suspentes. On vérifie s'il y a rupture.

**MEC 5** : Lecture du document de projet et contrôle visuel.

**MEC 6** : Vérification que la nacelle peut être ouverte facilement pour en observer le contenu jusqu'aux toutes dernières minutes avant le lâcher.

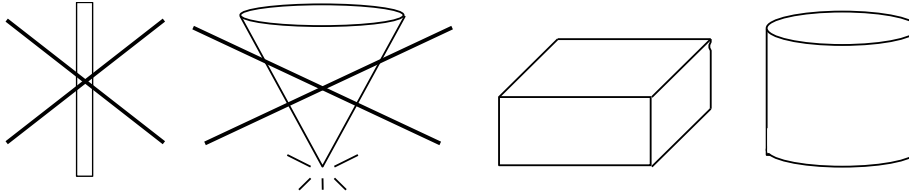
**MEC 7** : Contrôle visuel au moment de la préparation de la chaîne de vol

## EXPLICATIONS

**MEC 1** : Conformément aux règles sauvegardes du CNES

**MEC 2** : La plus petite nacelle possible est donc un parallélépipède de 25 cm de côté pour sa base et de 10 cm de hauteur. En imposant un volume minimal aux nacelles, on limite la vitesse en cas de chute libre grâce aux frottements de l'air sur le volume.

**MEC 3** : Conformément aux règles de l'air. La contrainte de masse surfacique veut limiter les effets de pointe qui peuvent se révéler dangereux en cas d'impact.



*Nacelles non compatibles avec MEC 3*

*Nacelles compatibles avec MEC 3*

**Figure 11 : Compatibilité des nacelles avec exigence MEC 3**

**MEC 4** : Conformément aux règles de l'air. Les cordelettes ou câbles doivent pouvoir être facilement rompus en cas de choc avec un aéronef (avion, soucoupe volante...).

**MEC 5** : La nacelle présente un danger en cas de collision avec un objet en particulier à l'atterrissage. L'utilisation de matériaux légers (polystyrène, carton, balsa...) pour la nacelle et son contenu permet de limiter la gravité des accidents. L'usage du verre époxy est réservé aux seuls circuits imprimés.

**MEC 6** : Pour contrôler la nacelle l'Aérotechnicien doit pouvoir accéder à son contenu sans avoir à effectuer des démontages complexes. Cela permet aussi des réparations ou des réglages de dernière minute une fois le ballon gonflé.

**MEC 7** : Fixation de la nacelle pour qu'elle ne se décroche pas ni qu'elle s'ouvre intempestivement.

**Figure 12 : Ligature type « paquet cadeau »**



## RECOMMANDATIONS

L'utilisation de polystyrène extrudé (type Roofmat ou Styrodur) que l'on trouve dans les magasins de matériaux pour le bâtiment, est vivement conseillée. L'épaisseur recommandée est de 30 mm. En effet, contrairement au polystyrène expansé, celui-ci conserve ses propriétés mécaniques sous l'influence des basses pressions et des basses températures.

**Il est fortement déconseillé de réaliser la structure de la nacelle avec des matériaux tels que les résines.** Ces matériaux sont très résistants et présentent un danger en cas de collision au sol comme en vol.

Certaines qualités de cordons de maçons vendus dans les quincailleries possèdent une résistance mécanique de 23 kg (230 N) inscrite sur l'étiquette. Utilisez les cordelettes tissées plutôt que les cordelettes multi-brins torsadées qui ont tendance à vriller. Planète Sciences fournit des bobines de cordelettes adaptées.

**10.14. NACELLE LARGABLE**

☐ Ce paragraphe concerne les expérimentateurs désireux de récupérer une partie de leurs expériences en largant une nacelle au cours du vol

**REGLES**

**LAR 1** : Si la nacelle largue un élément au cours du vol, sa masse doit être inférieure à 500 g et la masse combinée de la nacelle principale et de la nacelle largable sera inférieure à 1,8 kg.

**LAR 2** : La plus petite arête de la base d'une nacelle largable ne peut être inférieure à 15 cm. La hauteur d'une nacelle largable ne peut être inférieure à 10 cm.

**MEC 3** : La masse surfacique maximum doit être inférieure à 13 g/cm<sup>2</sup>.

**LAR 3** : La nacelle larguée sera équipée d'un système de récupération autonome constitué d'un parachute type météo pré-déployé dès le décollage. Ce matériel sera fourni par l'Aérotechnicien le jour du lâcher ou durant la visite de qualification.

**LAR 4** : Les dimensions de la chaîne de vol devront respecter le schéma ci-joint.

**LAR 5** : La nacelle largable sera accrochée directement au parachute par une ligature type « paquet cadeau » avec de la cordelette nylon de 3 mm de diamètre.

**MEC 5** : Les éléments de la chaîne de vol doivent être fabriqués en matériaux peu denses (polystyrène extrudé, carton fort, plastiques légers...).

**MEC 6** : Le contenu de la nacelle doit pouvoir être accessible, jusqu'au moment du lâcher.

**CONTROLES**

**LAR 1** : Pesée à l'aide d'une balance.

**LAR 2** : Mesure avec un mètre.

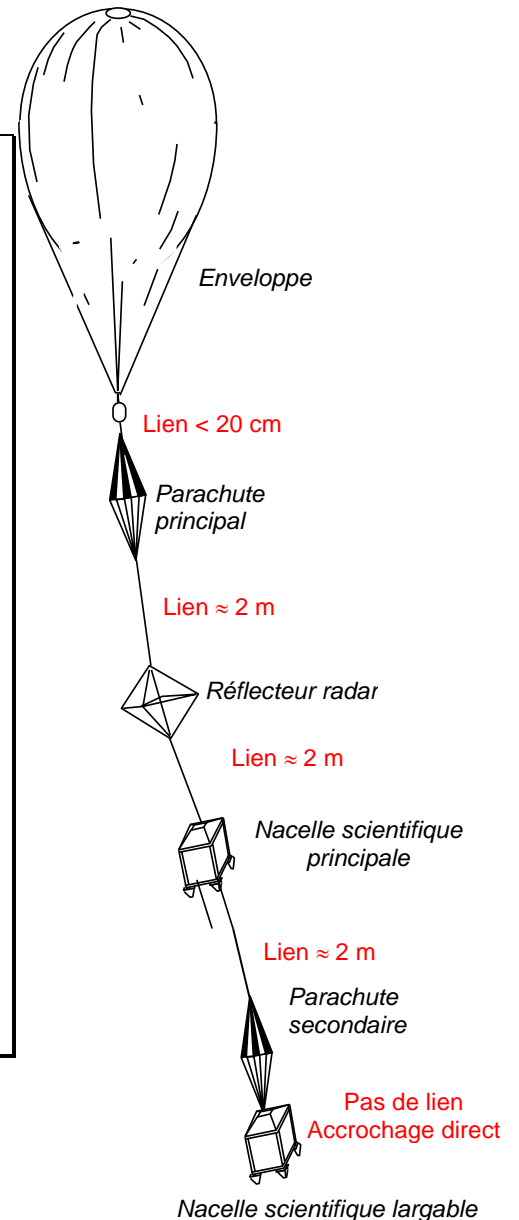
**MEC 3** : La masse de chaque nacelle est divisée par la plus petite surface rigide visible. Les extrémités des antennes, doivent être protégées par des blocs de polystyrène solidement fixés.

**LAR 3** : Ce matériel sera fourni par l'Aérotechnicien le jour du lâcher ou durant la visite de qualification. Ils doivent être montés comme indiqué dans le document « Le jour du lâcher ».

**LAR 4 ; LR 5** : Contrôle visuel au moment du lâcher.

**MEC 5** : Lecture du document de projet et contrôle visuel.

**MEC 6** : Vérification que la nacelle peut être ouverte facilement pour en observer le contenu jusqu'aux toutes dernières minutes avant le lâcher.



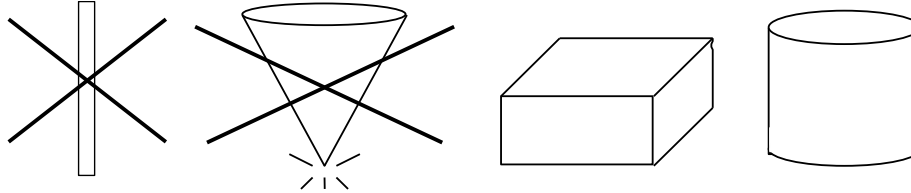
**Figure 13 : Schéma de montage de la chaîne de vol avec nacelle largable**

**EXPLICATIONS**

**LAR 1** : Conformément aux règles sauvegardes du CNES

**MEC 2** : La plus petite nacelle largable possible est donc un parallélépipède de 15 cm de côté pour sa base et de 10 cm de hauteur. En imposant un volume minimal aux nacelles, on limite la vitesse en cas de chute libre grâce aux frottements de l'air sur le volume.

**MEC 3** : Conformément aux règles de l'air. La contrainte de masse surfacique veut limiter les effets de pointe qui peuvent se révéler dangereux en cas d'impact.



*Nacelles non compatibles avec MEC 3*

*Nacelles compatibles avec MEC 3*

**Figure 14 : Compatibilité des nacelles avec exigence MEC 3**

**LAR3** : Le parachute type météo pré-déployé est adapté à la redescente de charge utile de petite taille.

**LAR 4** : Conforme aux règles de sauvegarde du CNES. On cherche ici à supprimer le risque d'une rupture de la cordelette dans le cas ou suite à une dissymétrie du parachute l'ensemble de la chaîne de vol partirait en rotation. Outre la masse de la nacelle, la suspenste doit alors supporter la force centrifuge due à la rotation.

**LAR 5** : La nacelle largable située en bas de la chaîne de vol peut être soumise à de fortes secousses, en outre à l'ouverture du parachute principal si le système de largage n'a pas fonctionné. Il a déjà été constaté des décrochages de nacelle après rupture d'une cordelette de fixation. Il s'agit d'éviter ce décrochage.



**Figure 15 : Ligation type « paquet cadeau »**



**10.15. CONDITIONS DE LACHER**

Toutes les nacelles de ballons sont concernées par ce paragraphe.

**REGLES**

**LAC 1** : Une prévision de trajectoire doit être effectuée moins de 48 h avant le lâcher et **archivée**. Elle doit être effectuée en double avec deux outils différents de prévision.

**LAC 2** : Si la prévision de trajectoire indique un atterrissage à moins de 30 km d'une frontière terrestre alors le lâcher doit être reporté à une date ultérieure. Les côtes sont considérées comme des frontières terrestres.

**LAC 3** : La vitesse ascensionnelle du ballon ne peut être inférieure à 4 m/s.

**LAC 4** : L'aire de lâcher doit se situer à distance d'une voie de circulation en respectant le tableau ci-dessous. :

Vitesse max. autorisée sur la voie de circulation	Distance minimale de l'aire de lâcher à la voie de circulation
130 km / h	500 m
110 km / h	350 m
80 km / h	250 m
50 km / h	Pas de contrainte

**CONTROLES**

**LAC 1, LAC 2** : Vérification par l'aérotechnicien de la prévision de trajectoire. Les outils disponibles sont soit :

- Tableur Excel Planète Sciences de prévision de trajectoire basé sur les données météorologiques de la NOAA
- CUSF Landing predictor (outil radioamateur) : <http://predict.habhub.org/>
- Balloon Trajectory forecast (université du Wyoming): [http://weather.uwyo.edu/upperair/balloon\\_traj.html](http://weather.uwyo.edu/upperair/balloon_traj.html)
- Google Earth : pour télécharger l'application : <https://www.google.com/intl/fr/earth/>

**LAC 3** : Gonflage avec la quantité d'hélium nécessaire, sous la responsabilité de l'Aérotechnicien responsable du lâcher.

**LAC 4** : Vérification par l'aérotechnicien avec cartes papier ou outils de cartographie en ligne (Géoportail, GoogleMap, Michelin, OpenStreetMap, etc.)

## EXPLICATIONS

**LAC 1, LAC2 :** Une application de la réglementation internationale liée au vol d'un ballon non habité impose de limiter le risque de survol du territoire d'un Etat étranger par des nacelles de ballons ou bien d'obtenir de cet Etat l'autorisation de survol de son territoire. En cas de survol intempestif, l'archivage permettra de montrer que 48 heures avant le lâcher, on pouvait raisonnablement escompter ne pas survoler un Etat étranger. Les 30 km garantissent une marge de sécurité pour pallier aux incertitudes sur les prévisions de trajectoire (force et direction des vents, conditions de gonflage, incertitude sur l'altitude d'éclatement etc.)

Compte tenu de l'impossibilité de récupérer une nacelle en mer, avec perte du matériel embarqué et en particulier des émetteurs Kikiwis, les côtes sont considérées comme des frontières.

Il existe plusieurs outils d'estimation de la trajectoire des ballons. Il est préférable de confronter les estimations provenant de deux outils, l'analyse reposant sur des codes de calculs et des sources de prévisions différentes.

**LAC 3 :** Cette vitesse minimale garantit un décollage franc et limite les risques d'accrochages dans des obstacles. Elle rend moins sensible le ballon aux turbulences atmosphériques. Elle permet aussi de limiter le temps de passage du ballon dans les couloirs aériens. La force ascensionnelle libre nécessaire pour obtenir une vitesse ascensionnelle supérieure à 4 m/s est disponible dans le document "Le jour du lâcher".

**LAC 4 :** Il s'agit de limiter les risques d'accident routier par distraction d'un conducteur dont le regard serait attiré par un ballon débutant son vol.

## RECOMMANDATIONS

La prévision de la trajectoire est un exercice accessible aux jeunes, pédagogiquement très riche et peut être une des activités suscitées en plus par le projet indépendamment du problème du survol de pays étrangers. Planète Sciences met à disposition un outil informatique adapté pour aider à la prise de décision<sup>1</sup>. Ces prévisions sont établies après interprétation de diagrammes indiquant la direction et l'intensité des vents en altitude et fournis gratuitement par divers organismes météorologiques<sup>2</sup>. La qualité des données disponibles permet de d'avoir une bonne connaissance de la trajectoire du ballon trois jours avant le jour de lâcher prévu.

Pour les lâchers courant le risque d'être reportés à cause d'un atterrissage à moins de 30 km d'une frontière terrestre, Planète Sciences recommande de réserver au moins deux dates de lâcher et effectuera les démarches en conséquence. **Il est interdit de lâcher sans autorisation. Il est autorisé de ne pas lâcher même si une demande a été faite et acceptée.**

Planète Sciences, si elle est prévenue 60 jours avant de la date du lâcher, peut tenter de faire une demande auprès du/des pays limitrophe(s) concerné(s) par le survol possible (Angleterre, Belgique, Luxembourg, Pays-Bas, Allemagne, Suisse, Italie, Espagne). La démarche est souvent longue d'où les 60 jours. Si l'autorisation est accordée, le vol peut avoir lieu. Si elle est refusée, ou s'il n'y a pas de réponse, l'équipe doit vérifier le non survol du territoire étranger à l'aide des outils de prévisions de trajectoire. Si les prévisions indiquent un survol possible, le vol est reporté à une date plus favorable. L'équipe accepte le risque d'un report du lâcher.

---

<sup>1</sup> Voir note technique Planète sciences « Prévision de la trajectoire d'un ballon » et le tableur EXCEL associé.

<sup>2</sup> Principalement la NOAA.

**11. FICHE DE CONTROLES, NACELLE SANS TELEMESURE**

Nom du projet : ..... Date de la qualification : ..... /...../.....

Nom du club ou de l'équipe : .....Signature :

Nom de la personne qui assure la qualification : .....Signature :

**Définition de l'expérience**  OK

- DEF 1 - Description des objectifs de l'expérience  OK
- DEF 2 - Performances des éléments de la chaîne de mesure  OK
- DEF 3 - Interprétation des données étalonnage  OK
- DEF 4 - Plans des sous-ensembles électriques  OK
- DEF 5 - Plans interconnexion électrique  OK
- DEF 6 - Plans mécaniques de la nacelle  OK

**Expériences embarquées**  OK

- EX 1 - Pas d'animaux  OK
- EX 2 - Pas d'expérience dangereuse  OK
- EX 3 - Pas de largage d'objet sans système de récupération  OK
- EX 4 - Protection des sources hautes tensions  OK
- EX 5 - Pas d'éléments piquants, coupants  OK
- EX 6 - Pas de systèmes pyrotechniques  OK
- EX 7 - Utilisation de réservoirs de gaz sous pression, autorisés  OK
- EX 8 - Pas de balises radioamateurs  OK

**Systèmes de stockage des données à bord**  OK

- STO 1 - Sauvegarde des données à bord  OK
- STO 2 - Etanchéité du système de stockage  OK
- STO 3 - Essai de décodage  OK
- MES 2 - Etalonnage des mesures  OK

**Système de récupération**  OK

- SR 1 - Présence d'un parachute CNES uniquement  OK

**Identification et localisation des nacelles**  OK

- LOC 1 - Présence d'un réflecteur-radar  OK
- LOC 2 - Conformité de la fréquence du système de localisation  OK
- LOC 3 - Matériel de réception et décodage disponible  OK
- LOC 4 - Présence de l'étiquette CNES  OK
- LOC 5 - Nom de projet et présence des étiquettes d'identification  OK
- EX 8 - Pas de balises radioamateurs  OK

**Mécanique de la nacelle**  OK

- MEC 1 - Masse de la nacelle inférieure à 1,8 kg  OK
- MEC 2 - Dimensions minimales 25 cm x 25 cm x 10 cm  OK
- MEC 3 - Masse surfacique < 13 g/cm<sup>2</sup>  OK
- MEC 4 - Tension de rupture des cordes < 23 kg  OK
- MEC 5 - Densité des matériaux utilisés  OK
- MEC 6 - Accessibilité du contenu  OK
- MEC 7 - Accrochage paquet cadeau  OK

**Nacelle largable**  OK

- LAR 1 - Masse de la nacelle largable < 500 g, masse combine < 1,8 kg  OK
- LAR 2 - Dimensions minimales 15 cm x 15 cm x 10 cm  OK
- MEC 3 - Masse surfacique < 13 g/cm<sup>2</sup>  OK
- LAR 3 - Utilisation parachute météo pré déployé  OK
- LAR 4 - Dimensions de la chaîne de vol  OK
- LAR 5 - Accrochage paquet cadeau directement au parachute  OK
- MEC 5 - Densité des matériaux utilisés  OK
- MEC 6 - Accessibilité du contenu  OK

**Conditions de lâcher** \_\_\_\_\_  OK

LAC 1 – Prévission de trajectoire.  OK

LAC 2 – Atterrissage à plus de 30 km d'une frontière terrestre  OK

LAC 3 - Vitesse ascensionnelle > 4 m/s  OK

LAC 4 – Distance minimale entre voie de circulation et aire de lâcher  OK

**Divers et dérogations** \_\_\_\_\_  OK

**ATTENTION !!!**

Le non-respect du Cahier des Charges peut avoir de graves conséquences sur la pérennité de l'activité ballon.

**12. FICHE DE CONTROLES, NACELLE AVEC TELEMESURE**

Nom du projet : ..... Date de la qualification : ..... /...../.....

Nom du club ou de l'équipe : ..... Signature :

Nom de la personne qui assure la qualification : ..... Signature :

N° du Kiwi ou du Kikiwi : .....

**Définition de l'expérience**  OK

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| DEF 1 - Description des objectifs de l'expérience        | <input type="checkbox"/> OK |
| DEF 2 - Performances des éléments de la chaîne de mesure | <input type="checkbox"/> OK |
| DEF 3 - Interprétation des données étalonnage            | <input type="checkbox"/> OK |
| DEF 4 - Plans des sous-ensembles électriques             | <input type="checkbox"/> OK |
| DEF 5 - Plans interconnexion électrique                  | <input type="checkbox"/> OK |
| DEF 6 - Plans mécaniques de la nacelle                   | <input type="checkbox"/> OK |

**Expériences embarquées**  OK

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| EX 1 - Pas d'animaux   | <input type="checkbox"/> OK |
| EX 2 - Pas d'expérience dangereuse                               | <input type="checkbox"/> OK |
| EX 3 - Pas de largage d'objet sans système de récupération       | <input type="checkbox"/> OK |
| EX 4 - Protection des sources hautes tensions                    | <input type="checkbox"/> OK |
| EX 5 - Pas d'éléments piquants, coupants                         | <input type="checkbox"/> OK |
| EX 6 - Pas de systèmes pyrotechniques                            | <input type="checkbox"/> OK |
| EX 7 - Utilisation de réservoirs de gaz sous pression, autorisés | <input type="checkbox"/> OK |
| EX 8 - Pas de balises radioamateurs                              | <input type="checkbox"/> OK |

**Chaîne de mesure, standard Kiwi Millenium 8 voies**  OK

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| KIWI 1 - Tension d'alimentation Kiwi égale à 9 V                   | <input type="checkbox"/> OK |
| KIWI 2 - Tension d'entrée $0 < T_e < 5$ V                          | <input type="checkbox"/> OK |
| KIWI 3 - Nombre de mesures à transmettre < une par quatre secondes | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 1 - Autonomie supérieure à 3 h                                 | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 2 - Chaîne de mesure étalonnée                                 | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 3 - Identification du câblage                                  | <input type="checkbox"/> OK |

**Chaîne de mesure, Kiwi Millenium modulation externe**  OK

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| KIWI 1 - Tension d'alimentation Kiwi égale à 9 V                      | <input type="checkbox"/> OK |
| KIWI 4 - Tension de modulation inférieure à 5 volts                   | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 1 - Autonomie supérieure à 3 h                                    | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 2 - Chaîne de mesure étalonnée                                    | <input type="checkbox"/> OK |
| TEL 1 - Fourniture du matériel et démonstration de bon fonctionnement | <input type="checkbox"/> OK |

**Chaîne de mesure, Kikiwi en version standard ballon**  OK

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| KIKIWI 1 - Tension d'alimentation Kiwi égale à 9 V                            | <input type="checkbox"/> OK |
| KIKIWI 2 - Tension d'entrée $0 < T_e < 3$ V                                   | <input type="checkbox"/> OK |
| KIKIWI 3 - Nombre de mesures à transmettre < une par 4 ou 6 secondes          | <input type="checkbox"/> OK |
| KIKIWI 4 - Présence d'une carte SIM valide et d'une procédure de récupération | <input type="checkbox"/> OK |
| KIKIWI 5 - Fonctionnement correct du port série                               | <input type="checkbox"/> OK |
| KIKIWI 6 - 2 antennes orientées verticalement et dirigées vers le haut        | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 1 - Autonomie supérieure à 3 h  | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 2 - Chaîne de mesure étalonnée  | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 3 - Identification du câblage   | <input type="checkbox"/> OK |

**Chaîne de mesure, standard SNR**  OK

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| SNR 1 - Trame conforme au standard SNR                 | <input type="checkbox"/> OK |
| SNR 2 - Fréquence modulante conforme                   | <input type="checkbox"/> OK |
| SNR 3 - Bande passante < Fréquence d'échantillonnage/2 | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 1 - Autonomie supérieure à 3 h                     | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 2 - Chaîne de mesure étalonnée                     | <input type="checkbox"/> OK |
| MES 3 - Identification du câblage                      | <input type="checkbox"/> OK |

<b>Chaîne de mesure, standard IRIG 20 %</b>		<input type="checkbox"/> OK
IRIG 1 – Fréquences modulantes conformes	<input type="checkbox"/> OK	
MES 1 – Autonomie supérieure à 3 h	<input type="checkbox"/> OK	
MES 2 – Chaîne de mesure étalonnée	<input type="checkbox"/> OK	
MES 3 – Identification du câblage	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Chaîne de mesure, autres standards</b>		<input type="checkbox"/> OK
MES 1 – Autonomie supérieure à 3 h	<input type="checkbox"/> OK	
MES 2 – Chaîne de mesure étalonnée	<input type="checkbox"/> OK	
SNR 3 - Bande passante < Echantillonnage/2	<input type="checkbox"/> OK	
MES 3 – Identification du câblage	<input type="checkbox"/> OK	
TEL 1 – Fourniture du matériel et démonstration de bon fonctionnement	<input type="checkbox"/> OK	
TEL 2 - Enregistrement des données ou signaux	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Emetteur</b>		<input type="checkbox"/> OK
TEL3 - Emission radio sur une fréquence autorisée	<input type="checkbox"/> OK	
TEL4 - Antenne omnidirectionnelle	<input type="checkbox"/> OK	
TEL 5 - Bilan de liaison radio satisfaisant	<input type="checkbox"/> OK	
TEL 6 - Station de réception disponible	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Systèmes de stockage des données à bord</b>		<input type="checkbox"/> OK
STO 1 - Sauvegarde des données à bord	<input type="checkbox"/> OK	
STO 2 – Etanchéité du système de stockage	<input type="checkbox"/> OK	
STO 3 - Essai de décodage	<input type="checkbox"/> OK	
MES 2 – Etalonnage des mesures	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Système de récupération</b>		<input type="checkbox"/> OK
SR 1 - Présence d'un parachute CNES uniquement	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Identification et localisation des nacelles</b>		<input type="checkbox"/> OK
LOC 1 - Présence d'un réflecteur-radar	<input type="checkbox"/> OK	
LOC 2 – Conformité de la fréquence du système de localisation	<input type="checkbox"/> OK	
LOC 3 – Matériel de réception et décodage disponible	<input type="checkbox"/> OK	
LOC 4 - Présence de l'étiquette CNES	<input type="checkbox"/> OK	
LOC 5 – Nom de projet et présence des étiquettes d'identification	<input type="checkbox"/> OK	
EX 8 – Pas de balises radioamateurs	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Mécanique de la nacelle</b>		<input type="checkbox"/> OK
MEC 1 - Masse de la nacelle inférieure à 1,8 kg	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 2 – Masse de la nacelle < 500 g et masse combinée < 1,8 kg	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 3 – Dimension arête > 25 cm, dimension nacelle largable > 15 cm	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 4 - Masse surfacique < 13 g/cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 5 - Tension de rupture des cordes < 23 kg	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 6 - Densité des matériaux utilisés	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 7 - Accessibilité du contenu	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Nacelle largable</b>		<input type="checkbox"/> OK
LAR 1 – Masse de la nacelle largable < 500 g, masse combinée < 1,8 kg	<input type="checkbox"/> OK	
LAR 2 - Dimensions minimales 15 cm x 15 cm x 10 cm	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 3 – Masse surfacique < 13 g/cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> OK	
LAR 3 – Utilisation parachute météo pré déployé	<input type="checkbox"/> OK	
LAR 4 – Dimensions de la chaîne de vol	<input type="checkbox"/> OK	
LAR 5 - Accrochage paquet cadeau directement au parachute	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 5 - Densité des matériaux utilisés	<input type="checkbox"/> OK	
MEC 6 - Accessibilité du contenu	<input type="checkbox"/> OK	
<b>Conditions de lâcher</b>		<input type="checkbox"/> OK
LAC 1 – Prévision de trajectoire.	<input type="checkbox"/> OK	
LAC 2 – Atterrissage à plus de 30 km d'une frontière terrestre	<input type="checkbox"/> OK	
LAC 3 - Vitesse ascensionnelle > 4 m/s	<input type="checkbox"/> OK	
LAC 4 – Distance minimale entre voie de circulation et aire de lâcher	<input type="checkbox"/> OK	

Divers et dérogations \_\_\_\_\_  OK

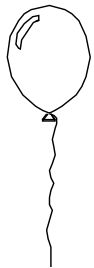
**ATTENTION !!!**

Le non-respect du Cahier des Charges peut avoir de graves conséquences sur la pérennité de l'activité ballon.

**13. FICHE DE VOL**

Cette carte postale est à renvoyer après chaque vol par le responsable du lâcher. Un exemplaire est placé dans chaque emballage d'enveloppe de ballon. En cas de perte, utilisez celui-ci.

----- découper suivant les pointillés -----



**Planète Sciences / Commission ballons**  
**16 place Jacques Brel**  
**91130 RIS**  
**ORANGIS**

**tél : 01 69 02 76 29**

----- découper suivant les pointillés -----

N° de série : B		Type d'enveloppe :		Date d'envoi :	
Nom du projet :			Ecole ou club :		
Nom de l'animateur suiveur du projet :		Association relais : <input type="checkbox"/> PlaSci <input type="checkbox"/> PlaSci Atlantique <input type="checkbox"/> PlaSci Bretagne <input type="checkbox"/> PlaSci IDF <input type="checkbox"/> PlaSci Méditerranée <input type="checkbox"/> PlaSci Nord Pas de Calais <input type="checkbox"/> PlaSci Normandie <input type="checkbox"/> PlaSci Occitanie Est <input type="checkbox"/> PlaSci Occitanie Ouest <input type="checkbox"/> PlaSci Picardie <input type="checkbox"/> PlaSci Rhône Alpes <input type="checkbox"/> PlaSci Sarthe <input type="checkbox"/> AJSEP <input type="checkbox"/> Lacq Odysée <input type="checkbox"/> Pavillon des Sciences <input type="checkbox"/> Autre :			
Activité : <input type="checkbox"/> Ballon école (UBPE) <input type="checkbox"/> Ballon séjour de vacances <input type="checkbox"/> Ballon club <input type="checkbox"/> Scientificobus <input type="checkbox"/> Ballon atelier scolaire ou classe sciences <input type="checkbox"/> Ballon formation <input type="checkbox"/> Ballon communication <input type="checkbox"/> Autre :					Eclatement <input type="checkbox"/>
Date du lâcher :		Heure :	Commune :		Dp :
Nom de ou des aérotechniciens : /					
Expérience(s) embarquée(s) :		Télémétrie : <input type="checkbox"/> <b>Kiwi n°</b> ..... Durée du vol : ..... Télémétrie : <input type="checkbox"/> <b>Kikiwi n°</b> ..... Voie 1 ..... Voie 2 ..... Voie 3 ..... Voie 4 ..... Voie 5 ..... Voie 6 ..... Voie 7 ..... Voie 8 ..... <input type="checkbox"/> Autre (précisez) : .....			

----- découper suivant les pointillés -----



## 14. BIBLIOGRAPHIE

### Publications CNES-PLANÈTE SCIENCES concernant l'activité ballons

#### ◆ Documents généraux sur l'activité :

- *Les ballons expérimentaux : mise en œuvre & Cahier des Charges*
- *Présentation de l'opération " Un ballon pour l'école"*
- *La gestion d'un projet ballon*
- *Caractéristiques standards de l'atmosphère et mécanique du vol*
- *La mesure de température pour les ballons expérimentaux*
- *La prévision de la trajectoire des ballons*
- *L'hélium, un peu de culture*

#### ◆ Documents sur les standards de télémesures :

- Kikiwi manuel utilisateur
- *Le système de télémesure KIWI à l'usage des écoles*
- *Manuel de l'émetteur KIWI Millénium*
- *Standard IRIG et Multiplexage en fréquence*
- *Télémesure numérique et Standard SNR*

#### ◆ Documents plus particulièrement destinés aux animateurs encadrant l'activité :

- *Le jour du lâcher*
- *Exploiter sur Excel les mesures reçues par KICAPT*
- *Que peut-on faire avec un ballon ?*
- *Guide du coordinateur régional UBPE*
- *Guide du suiveur de l'opération 'Un ballon pour l'école'*
- *Documents à placer dans une valise de lâcher*
- *Fabrication d'une valise de lâcher*
- *Plan Qualité Opération UBPE*

**Attention : tous ces documents évoluent et sont mis à jour régulièrement.  
Assurez-vous de disposer de la version en cours.**

La plupart des notes techniques de Planète Sciences sont disponibles sur le site Internet

**[www.planete-sciences.org/espace/](http://www.planete-sciences.org/espace/)**

## 15. LES PARTENAIRES

### 15.1. SERVICE EDUCATION JEUNESSE DU CNES

Dès sa création en 1961, le CNES a été sollicité par l'Etat pour assurer la sécurité des lancements des fusées des jeunes, afin d'éviter les accidents liés à des développements non fiables. Très vite, cette mission s'est enrichie d'une composante éducative très importante : stimuler l'intérêt des jeunes pour le spatial et « contribuer à les attirer vers les carrières scientifiques, en faisant connaître aux élèves, aux étudiants et aux relais d'éducation (enseignants, associations) les enjeux et applications du spatial ». C'est d'ailleurs l'un des objectifs du contrat d'objectifs et de performance Etat-CNES 2016-2020.

Pour démultiplier son action sur le terrain pour ses activités « historiques » (fusées, ballons puis CanSat), le CNES s'appuie contractuellement sur l'association Planète Sciences et son réseau de délégations régionales.

Pour un bon nombre de ses projets éducatifs et de formations enseignants, le CNES agit dans le cadre d'un partenariat fort avec le Ministère de l'Education nationale.

L'activité menée au sein du service Education Jeunesse du CNES s'adresse à des jeunes de 10 à 25 ans, dans le cadre scolaire ou en clubs. Elle repose sur trois axes :

- **la sensibilisation** du plus grand nombre de jeunes en diffusant l'information spatiale auprès de cette cible et celle des enseignants et des médiateurs scientifiques : animation des pages Jeunes et Enseignants/médiateurs du site du CNES ; production/coproduction de publications et de panneaux d'expositions en lien avec l'actualité spatiale ; interventions auprès des jeunes et proposition d'ateliers spatiaux de courte durée lors d'événements divers.
- **l'initiation** au spatial en proposant des projets éducatifs structurés avec cahiers des charges et prise en compte des contraintes de sécurité. Ces projets déclinent les axes stratégiques du CNES et s'appuient sur les projets spatiaux du CNES et l'actualité spatiale. Ils couvrent notamment les domaines de l'accès à l'espace, de la microgravité, de notre environnement et des sciences de l'univers.
- **la formation** à ces projets à destination des enseignants (avec notamment l'Université d'été Espace Education) et des médiateurs scientifiques.

#### Projets éducatifs proposés en classe ou en club

##### Projets éducatifs d'accès à l'espace

**Mini-fusées** (collégiens, lycéens, étudiants) : elles mesurent 1 m de haut, pèsent 2 kg et peuvent atteindre 500 m d'altitude. L'objectif principal est de concevoir un système de déclenchement et de déploiement automatique d'un parachute à culmination.

**Fusées expérimentales** (étudiants) : hautes de 2 à 3 m, les fusées expérimentales pèsent entre 6 et 15 kg et peuvent faire une ascension de 2 à 3 km. Il s'agit de concevoir et développer une fusée avec son système de récupération et expérience embarquée (mesure de vitesse, de déformation, prise de vue...).

Le CNES organise la campagne de lancement annuelle des fusées expérimentales, le C'Space, durant l'été (400 personnes) ; une quarantaine de mini-fusées y sont également lancées.

**CanSat** (étudiants) : développement d'un concentré de satellite dans une canette de soda, à lancer depuis un ballon captif.

La compétition CanSat-France se déroule durant le C'Space.

**Ballons stratosphériques** (primaires, collégiens, lycéens, étudiants) : développement de nacelle et instrumentation embarquées. Les lâchers de ballon organisés par chaque établissement se déroulent de mars à novembre. Le service Education Jeunesse organise en octobre au centre spatial de Toulouse, un séminaire Ballons Jeunesse pour permettre des échanges entre des groupes projets de chaque région de France.

##### Projets éducatifs en microgravité

**Projets Parabole** (lycéens, étudiants) : développement d'expériences à tester en micropesanteur. Les expérimentations ont lieu dans l'avion Zero G, avec le soutien technique de Novespace, durant les

campagnes de vols paraboliques du CNES, en mars (Parabole-lycéens) et en octobre (Parabole-étudiants). 3 établissements sont retenus pour chacune des campagnes.

**Projets Mission eXplore** (primaire, collégiens) : Entraîne-toi comme un astronaute : un challenge international d'éducation à la santé où les jeunes participent à des activités de SVT et d'EPS en s'appuyant sur l'image de l'astronaute.

**AstroPi** (primaires, collégiens, lycéens) : il s'agit d'un défi de programmation (en Python ou Scratch) de petits calculateurs Raspberry positionnés à bord de la station spatiale internationale (ISS) lors de la mission de Tim Peake en 2016, puis en 2017 avec Thomas Pesquet, et reconduite annuellement depuis.

**En 2017 : Projets éducatifs spécifiques liés à la mission Proxima** : Les activités autour de la mission Proxima de l'astronaute Th. Pesquet ont présenté un fort potentiel de stimulation pour les jeunes. Elles ont fait l'objet de nombreuses itérations avec l'agence spatiale européenne (ESA) : 50 000 élèves supplémentaires de primaire à la Terminale ont été impliqués dans ces projets

### **Projets éducatifs environnementaux**

**Argonautica** (primaire, collégiens, lycéens, étudiants) : il s'agit d'étudier l'environnement marin et de comprendre le lien entre l'océan et le climat : suivi des migrations des animaux (Argonimaux), construction de bouée, étude des courants marins, avec l'utilisation de données océanographiques Jason et des données de localisation Argos.

Les rencontres annuelles Argonautica entre les groupes de classes inscrites au projet ont lieu à l'aquarium de Montpellier, en alternance avec celui de La Rochelle.

**Calisph'Air** (collégiens, lycéens, étudiants) : ce projet concerne l'étude de l'atmosphère par mesures in situ (à l'aide de photomètres, calibrés avec l'aide du LAO - laboratoire d'optique atmosphérique de Lille) et analyse des mesures satellitaires AQUA-MODIS, Calipso, METOP-IASI.

Les rencontres Météo Espace sont organisées annuellement en mai avec une douzaine de projets de jeunes, à Météo France ou au CNES Toulouse.

**Météo des écoles** (primaires) : sensibilisation à la météorologie et au climat par prises de mesures et partage des informations en ligne avec des classes du monde entier

**Terr'Image** (enseignants du secondaire) : utilisation d'un logiciel de traitements images adapté et de données satellites pour la réalisation d'études de cas sur diverses thématiques : aménagement du territoire, gestion environnementale, étude des aléas et des risques.

### **Projets éducatifs en sciences de l'Univers**

Un Projet de **maquettage en sciences de l'univers** (échelle 1) en lien avec l'actualité spatiale est réalisé tous les 2 ou 3 ans dans une académie.

Ainsi chaque année 100 000 jeunes sont sensibilisés au spatial et 50 000 participent directement aux projets du CNES. Ces effectifs ont été doublés en 2017 lors du vol de Thomas Pesquet avec les actions éducatives menées durant sa mission.

### **Contacts et informations complémentaires**

CNES

Service Education Jeunesse

18, avenue Edouard Belin - 31401 TOULOUSE CEDEX 9

Tél. : 05 61 27 31 14 / Fax : 05 61 28 27 67

Mail : [education.jeunesse@cnes.fr](mailto:education.jeunesse@cnes.fr)

Site Internet : <https://enseignants-mediateurs.cnes.fr/>

## 15.2. PLANÈTE SCIENCES

L'Association Planète Sciences est née en 1962, notamment pour encadrer les constructions de fusées de jeunes à la demande et avec l'expertise du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Le développement de projets en équipes, propre aux activités spatiales, a ensuite été appliqué à d'autres domaines d'expérimentation : l'astronomie, l'environnement, la météorologie, l'énergie, l'informatique, la robotique et la télédétection.

Planète Sciences et ses 11 délégations territoriales fortes de leurs 1.000 animateurs spécialisés, soutiennent près de 700 clubs scientifiques, interviennent auprès de plus de 1.000 établissements scolaires et organisent des séjours et des animations durant les vacances pour plus de 20.000 jeunes. Elles s'attachent également à développer la culture scientifique et technique par la formation d'animateurs et d'enseignants.

Avec plus de 100.000 jeunes participants chaque année, Planète Sciences poursuit son objectif : rendre accessible au plus grand nombre la pratique des sciences et des techniques.

Près de deux millions de jeunes ont déjà participé à nos activités !

### LES DOMAINES D'ACTIVITES

#### L'astronomie

A l'aide de télescopes et de lunettes, découvrir pas à pas les secrets et les richesses de la voûte céleste et les grands mouvements qui régissent l'univers. Déterminer l'âge d'une étoile, tester des systèmes de mesure et d'analyse de la lumière, calculer la masse des astres... *Un petit pas vers la compréhension de l'univers !*

#### L'environnement

Découvrir les milieux naturels et humanisés à travers l'observation et l'étude de leurs composantes et de leurs inter-relations. Explorer les fonds marins, analyser l'eau d'une rivière, étudier l'évolution de la forêt, évaluer l'impact d'une pollution ou restaurer une mare pour en faire un espace de découverte... *Comprendre son environnement pour mieux le protéger !*

#### L'espace

Concevoir, construire puis lancer une fusée ou un ballon en toute sécurité. Comprendre les lois principales de l'aérodynamique, réaliser un système mécanique d'éjection du parachute ou encore embarquer une expérience scientifique à près de 30000 mètres d'altitude... *Pour participer à l'aventure spatiale !*

#### La météo

Science de l'atmosphère, outil de la prévision du temps et de la connaissance des climats, la météorologie permet de découvrir et mieux comprendre notre environnement, son évolution, les phénomènes naturels qui l'affectent, les menaces qui pèsent sur lui. Par la description et l'interprétation scientifique de phénomènes familiers : le vent, le froid, la pluie, les nuages... elle est prétexte à la construction d'instruments de mesures. *Les changements climatiques, une réalité !*

#### La robotique

Imaginer un robot et ses fonctions, construire ses éléments mécaniques, lui donner de l'énergie en réalisant son système électrique, et enfin, avec l'informatique, le diriger, communiquer avec lui dans différents langages, commander ses mouvements et pourquoi pas, le rendre réactif par rapport à son environnement. L'ordinateur devient alors le complément indispensable de ces systèmes mécaniques et électroniques. *Quand la réalité rejoint la fiction !*

### LES CADRES D'ACTIVITES

#### Les séjours de vacances et chantiers de jeunes : un projet partagé entre amis

Le temps de quelques semaines, découvrir et pratiquer une ou plusieurs activités scientifiques. Les animateurs spécialisés conjuguent astucieusement : sports, jeux, activités de plein air, sciences et détente ! De 7 à 18 ans.

#### Le club scientifique : un projet mené par toute une équipe

Planète Sciences vous aide à rejoindre le club le plus proche de chez vous ou à créer le vôtre, pour concevoir et réaliser vos projets en toute autonomie.

**Les activités à l'école : la classe transformée en laboratoire**

Enseignants et animateurs soutiennent les élèves dans leurs réalisations. Classes de découvertes, classes sciences, ateliers, opérations "Un Ballon pour l'Ecole", "Un Bon Plant pour l'Air", "Une Fusée à l'Ecole", "Collèges et Lycées de Nuit", "Concours de Robotique" ... permettent à plus de 700 classes de participer à l'aventure scientifique.

**Les activités de loisirs : découvrir le plaisir des sciences**

En quelques heures ou quelques jours, prendre contact ou approfondir une activité. Les ateliers, Scientificobus, Caravanes des sciences et autres Salles de découvertes s'adaptent à tout type de lieux.

**La culture scientifique et technique pour tous**

Fêtes de l'espace, Nuits des Etoiles, Coupes et Trophées de Robotique, Eurobot, Rencontres sciences et techniques de l'environnement, Rencontre Météo Jeunes, Exposciences, Fête de la science, Journées de l'environnement... sont des manifestations incontournables, co-organisées ou initiées par Planète Sciences.

**Les stages de formation : échanger et acquérir de nouvelles compétences**

BAFA, week-ends techniques, stages d'action culturelle... permettent d'acquérir des notions, des techniques et des méthodes pour soutenir ou animer tout projet. Ouverts aux animateurs et enseignants.

**Des supports à intégrer à vos projets**

Pour pratiquer ou animer les sciences, Planète Sciences propose des outils et des équipements : Télescope Jean-Marc Salomon, espaces multimédia, Salles de découvertes, Point Info Energies, sites et forums internet, malles pédagogiques, notes techniques, espaces naturels et pédagogiques...

**Les sciences : une ouverture à l'Europe**

En lien avec de nombreux partenaires, Planète Sciences incite à la mise en place de projets et d'échanges dans différents pays et favorise une pratique interculturelle. Pour les jeunes européens.

**Pour toute information :**

<http://www.planete-sciences.org/>