



Service Education Jeunesse du CNES
18, avenue Edouard Belin - 31401 TOULOUSE CEDEX 9
Tél. : () 5 61 27 31 31
Site Internet : www.cnes.fr



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



Aide à la rédaction d'une chronologie de fusée expérimentale

Version	2.0
Date d'édition	11 août 2017
Nombre de pages	11

Remerciements

Cette note technique a été initialement rédigée par :

Jean LAMOURE

Avec l'aide de :

Alain DARTIGALONGUE

Eric SCHMITT

La mise à jour de 2017 a été faite par Bertrand BOCQUET avec l'aide de Jérôme HAMM.

SOMMAIRE

Remerciements	2
INTRODUCTION	4
L'intérêt d'une chronologie.....	5
Le contenu d'une chronologie.....	6
Sécurité.....	6
Les systèmes pyrotechniques.....	6
Le propulseur.....	6
Les lieux de mise en œuvre de votre fusée.....	6
Remarques sur la spécificité des rampes	7
Les éléments d'une chronologie	7
La rédaction d'une chronologie.....	9
Annexe : Exemple de pré-imprimé pour la rédaction de chronologies	11

INTRODUCTION

La chronologie est un document important pour un projet de fusée expérimentale car elle permet au club tout d'abord de concevoir une fusée qui sera facile à mettre en œuvre, puis lors du lancement de réaliser dans le bon ordre toutes les opérations nécessaires à la mise en œuvre de la fusée (à un moment où les membres du club sont particulièrement stressés). Par ailleurs, elle aide les équipes opérationnelles à gérer au mieux les lancements, et ce dans l'intérêt de tous.

Ce document a pour but de vous faire prendre conscience de la nécessité de disposer d'une chronologie de qualité et d'aider les clubs à rédiger la chronologie de leur fusée expérimentale.

Les clubs doivent réfléchir dès l'avant-projet à la chronologie de leur fusée et aboutir à une première version pour le document de projet. Cette chronologie sera relue notamment par le suiveur du club qui formulera éventuellement certaines remarques. Lors des contrôles précédant le lancement, la chronologie sera à nouveau relue en détails, notamment lors du vol simulé, avant d'être validée. Ces différentes étapes permettront d'obtenir une chronologie qui soit d'une efficacité et d'une sécurité maximale.

Même si le club pourra être aidé dans la rédaction de sa chronologie, c'est à lui de la rédiger car elle dépend essentiellement des spécificités du projet, qu'il est le mieux à même de connaître. C'est pourquoi ce document n'est qu'un guide à la rédaction de chronologies : il donne des conseils et présente les éléments qui doivent nécessairement intervenir dans une chronologie, mais il ne donne pas un exemple de chronologie toute faite.

L'intérêt d'une chronologie

Le lancement de votre fusée expérimentale est une opération assez complexe à mettre en œuvre du fait du grand nombre d'opérations à réaliser : calibration et orientation de la rampe, mise en route de l'expérience embarquée, initialisation du système de récupération, évacuation du public, mise en place du propulseur et de la canne d'allumage, raccordement de la ligne de mise à feu, ... D'autant plus qu'il faut respecter un certain nombre de règles de sécurité lors de la mise en œuvre de votre fusée.

Par ailleurs, on constate que tous les membres de club, même les plus aguerris, sont particulièrement stressés lors des préparatifs de lancement de leur fusée et qu'ils ne savent plus tellement bien la faire fonctionner.

Il convient donc de lister de façon détaillée, à l'avance et par écrit, toutes les opérations à effectuer pour mettre en œuvre correctement votre fusée et de les ordonner intelligemment en respectant les impératifs de sécurité, afin d'aboutir à un document que l'on appelle « chronologie ».

Avec cette chronologie entre les mains, les membres du club réaliseront dans le bon ordre toutes les opérations nécessaires au lancement de leur fusée. On évitera ainsi les fusées qui partent avec leur initialiseur (que l'on avait oublié de fixer à la rampe) et qui effectuent donc un beau vol balistique, ou celles qui font une superbe ouverture parachute dans la rampe parce que les interrupteurs n'ont pas été basculés dans le bon ordre.

Mais le lancement se passera d'autant mieux que la fusée sera facile à mettre en œuvre. Et c'est en pensant à la mise en œuvre de votre fusée dès sa conception que vous réaliserez une fusée simple à mettre en œuvre et sûre. Ainsi vous éviterez par exemple de réaliser une fusée où lorsque la prise d'initialisation est en place, on n'a plus accès aux interrupteurs ou aux voyants.

Les chronologies aident également les équipes opérationnelles à organiser les lancements. En effet, le nombre de fusées expérimentales à lancer lors de la campagne nationale est de plus en plus important. Le nombre de jours de lancement étant limité, nous devons optimiser l'enchaînement des lancements pour éviter de voir des clubs repartir avec leur fusée non lancée faute de temps. Pour cela les équipes opérationnelles doivent connaître à l'avance les chronologies des différentes fusées à lancer.

Le contenu d'une chronologie

Les deux règles qui prévalent dans l'écriture d'une chronologie sont le bon fonctionnement de la fusée et la sécurité.

En ce qui concerne le bon fonctionnement de la fusée, c'est vous qui êtes le mieux à même de déterminer les opérations qui doivent être réalisées et leur ordre, nous vous présenterons cependant certains éléments à ne pas oublier.

Mais auparavant nous allons vous donner quelques précisions qui vous permettront de rédiger une chronologie conforme aux impératifs de sécurité.

Sécurité

En général, les éléments dangereux dans une fusée sont :

- Certains systèmes embarqués à bord des fusées, par exemple les systèmes pyrotechniques ;
- Le moteur et sa canne d'allumage.

Il est nécessaire d'apporter un soin tout particulier aux points de la chronologie durant lesquels sont mis en œuvre ces éléments dangereux.

Les systèmes pyrotechniques

Tout système pyrotechnique, même un petit gévelot, peut être dangereux et doit donc être manipulé avec précautions. Leur présence doit être signalée sur la fusée de façon non ambiguë (flèche rouge par exemple).

Le propulseur

Comme vous le savez sûrement déjà, il n'est manipulé que par les pyrotechniciens du CNES. Sa mise en œuvre se fait en trois étapes, une fois la fusée en rampe et qu'il n'est plus nécessaire de l'en sortir :

- La fixation du moteur sur la fusée ;
- La mise en place de la canne d'allumage ;
- Le raccordement de la ligne de mise à feu.

A partir du moment où la fusée possède son moteur, elle présente un risque pour les personnes stationnant à proximité. Il est donc indispensable que toutes les opérations de préparation se fassent avant la mise en place du propulseur. Avant d'équiper la fusée de son moteur, on procède à la première évacuation du public : il ne doit rester au niveau des rampes que les personnes réellement nécessaires à la mise en œuvre du moteur sur la fusée, c'est-à-dire les pyrotechniciens ; toutes les autres regagnent la zone du public ou la zone du pupitre pyrotechnique.

La deuxième étape dangereuse est la mise en place de la canne d'allumage, en effet elle est constituée d'un explosif primaire particulièrement puissant qui allume le moteur.

Une fois la fusée en rampe et la canne d'allumage mise en place, les pyrotechniciens peuvent se livrer à un contrôle des moyens de signalisation de la fusée (état des interrupteurs, voyants, son émis grâce à un buzzer...) mais ce sans déplacer la fusée.

Les lieux de mise en œuvre de votre fusée

Sur l'aire de lancement, les lieux où vous pourrez mettre en œuvre votre fusée sont :

- La tente clubs : les clubs peuvent y effectuer les derniers préparatifs sur leur fusée ;

- La zone pyrotechnie : il s'agit du repaire des pyrotechniciens. C'est notamment là que sont stockés les propulseurs des fusées à lancer (c'est pour cela que l'accès à cette zone est strictement interdit) ;
- Le pupitre de mise à feu : « appuyer sur le bouton » pour déclencher le décollage est habituellement la seule action qui s'y déroule ; le bouton est en fait un bouton double, un côté pour le pyrotechnicien et un côté pour le club ;
- La zone rampe : c'est la zone où sont installées les différentes rampes. La majorité des opérations finales ont lieu dans cette zone. Son accès est réservé aux personnes préparant le lancement d'une fusée.

Remarques sur la spécificité des rampes

Les moteurs utilisés par le passé (Koudou, Isard, Chamois, Caribou) n'étaient pas tous compatibles de toutes les rampes disponibles. Ce n'est plus le cas désormais (moteurs Cesaroni) et le facteur guidant le choix d'une rampe plutôt que d'une autre dépend du respect du critère de vitesse minimale en sortie de rampe. Il sera toutefois dans l'intérêt de tous que votre projet soit compatible d'au moins deux rampes (les spécifications de celles-ci sont disponibles dans les cahiers des charges). Ainsi, les équipes opérationnelles pourront enchaîner au mieux les lancements.

Les éléments d'une chronologie

La chronologie de votre fusée doit prendre en compte toutes les opérations nécessaires à son lancement et qui ne peuvent être réalisées qu'au dernier moment.

Vous pouvez indiquer dans votre chronologie tous les objets dont vous aurez besoin pour mettre en œuvre votre fusée ; cela vous évitera par exemple de devoir repartir en courant pour aller chercher l'initialisateur que vous avez oublié dans votre voiture (500m aller plus 500m retour)...

Il est important de respecter quelques généralités : chaque acteur effectue une action à la fois (par exemple, le lecteur de la chronologie ne doit pas effectuer de manipulations sur le projet pendant qu'il lit la chronologie ; en revanche le rôle de lecteur peut passer de Jean-Claude à Jean-Paul si la chronologie le mentionne clairement). Pour la mise en œuvre d'un système complexe, il peut être utile d'assigner plusieurs membres (par exemple pour se relayer pour pomper afin de mettre une capacité pneumatique sous pression). En revanche il est important de spécifier qui est responsable de l'action (si tout le monde est responsable d'emmener la caisse à outils, il est fort probable que tout le monde va supposer que quelqu'un d'autre s'en chargera...).

Nous allons maintenant vous présenter certaines étapes qui devront sûrement apparaître dans votre chronologie. Pour certaines d'entre elles, nous avons donné un ordre d'idée de la durée, vous devez cependant adapter la durée de chaque étape à votre projet.

Le début et la fin de la chronologie sont indépendants du moteur et de la rampe employés.

Votre chronologie peut commencer par des opérations préparatoires qui ne peuvent être faites que juste avant le lancement de votre fusée (par exemple mise sous vide ou chauffage d'un élément de la fusée). Ces opérations doivent si possible avoir lieu en tente clubs.

Ensuite vous devez aller de la tente clubs jusqu'aux rampes. La distance varie selon les terrains mais sera au plus court d'environ 200m (demandez à Planète Sciences le document terrain contenant les informations exactes relatives au terrain de lancement utilisé). Prévoyez donc quelques minutes dans votre chronologie.

Une fois arrivés au niveau de la rampe qui vous a été affectée, vous pouvez procéder à un essai télémètre pour vérifier que la partie télémètre de votre fusée fonctionne toujours bien (prévoir 6

minutes). Pendant ce temps, les équipes opérationnelles procéderont si nécessaire au recalibrage de la rampe.

Il faudra ensuite vérifier que la fusée coulisse bien dans la rampe. C'est ce que l'on appelle la compatibilité rampe (3 minutes).

Il faut ensuite orienter la rampe en gisement (2 minutes).

Puis on pourra procéder à la mise en rampe de votre fusée (2 minutes).

Les membres du club présents pourront alors procéder à la mise en fonctionnement de la fusée (expérience, télémessure, système de récupération, contrôle du bon état des voyants, etc.).

On effectuera alors l'évacuation des membres du club (2 minutes) qui devront se retirer jusqu'à la tente pyrotechnie (où se trouve le pupitre de mise à feu). Il ne devra alors plus rester, que les équipes opérationnelles chargées des manipulations pyrotechniques.

On pourra ensuite procéder à la mise place du propulseur, puis de sa canne d'allumage (10 minutes).

La rampe sera ensuite orientée en site (2 minutes).

Les pyrotechniciens raccorderont alors la ligne de mise à feu (3 minutes).

Les pyrotechniciens regagneront finalement la tente pyrotechnie (3 minutes, mais ils peuvent faire bien mieux...). A la fin du décompte final, le membre du club désigné par ses camarades appuiera sur le bouton de mise à feu et la fusée s'élancera alors pour un vol qui sera, espérons-le, nominal...

La rédaction d'une chronologie

La chronologie de votre fusée doit donc contenir, de manière exhaustive et dans l'ordre où elles doivent s'effectuer, toutes les opérations nécessaires à son lancement.

Pour chaque opération, vous devez indiquer :

- l'intitulé de l'opération ;
- la durée estimée de l'opération ;
- le lieu où doit se dérouler l'opération.

Vous pouvez également désigner nominativement les membres du club qui devront réaliser les différentes opérations.

L'intitulé de l'opération doit être le plus détaillé possible. Ainsi, on ne met pas « Faire un essai télémesure », mais par exemple :

« Essai télémesure :

- *Demander d'essai télémesure à la station télémesure (signal de pression sur voie IRIG n° 10 à 5400Hz).*
- *Mise en route de la télémesure (après décompte par la station de télémesure) :*
 - *Basculer l'interrupteur « Emetteur » sur la position « On »*
 - *Vérifier que la DEL verte « Emetteur » est allumée*
- *Attendre confirmation par la station télémesure de la réception.*
- *Mise en route de la modulation :*
 - *Basculer l'interrupteur « Modulation » sur la position « On »*
 - *Vérifier que la DEL verte « Modulation » est allumée*
- *Aspirer dans la prise de pression.*
- *Attendre confirmation par la station télémesure de la modification du signal de pression.*
- *Arrêt de la télémesure (après décompte par la station télémesure) :*
 - *Basculer l'interrupteur « Modulation » sur la position « Off »*
 - *Basculer l'interrupteur « Emetteur » sur la position « Off »*
 - *Vérifier que les DELs « Modulation » et « Emetteur » sont éteintes.*
- *Attendre confirmation par la station télémesure de la fin d'émission. »*

La durée estimée de chaque opération doit être la plus juste possible : elle doit vous permettre de réaliser calmement l'opération, sans être surestimée.

Les lieux où peuvent se dérouler les différentes opérations sont :

- La tente clubs ;
- La zone pyrotechnie (après accord des pyrotechniciens) ;
- La zone rampes.

Planète Sciences peut vous fournir des feuilles pré-imprimées pour rédiger votre chronologie. Vous en trouverez un exemple en annexe.

La colonne « Décompte » est à remplir une fois que toutes les opérations et leur durée ont été rédigées. Pour cela il faut partir de la fin et remonter, en indiquant à chaque étape le temps qu'il reste avant la mise à feu.

La colonne « Séquences » permet d'indiquer les groupes d'opérations qui sont indissociables (cette colonne pourra être remplie lors des contrôles finaux, mais vous devez y réfléchir auparavant). En effet, on sera peut-être obligés de vous demander d'arrêter temporairement le déroulement de la chronologie de votre fusée (et éventuellement de regagner la zone public) pour procéder au

lancement d'une autre fusée. Afin que cela ne nuise en rien à la mise en œuvre de votre fusée, il faut que l'on connaisse les séquences ininterrompibles de votre chronologie.

La colonne « Validée » sert à indiquer lors du lancement, les opérations qui ont déjà été effectuées.

N'oubliez pas de remplir tous les renseignements « annexes » : nom du projet, numérotations des pages (une chronologie comporte généralement plusieurs pages).

Une fois votre chronologie rédigée, nous vous conseillons vivement de simuler la mise en œuvre de votre fusée (avant le vol simulé) pour vérifier que vous n'avez oublié aucune opération, que toutes les étapes s'enchaînent parfaitement tout en respectant les règles de sécurité et que les durées ont été correctement estimées.

Maintenant c'est à vous de jouer, mais n'hésitez pas à contacter votre suiveur ou Planète Sciences si vous rencontrez le moindre problème dans la rédaction de votre chronologie.

