

imprimé le 18 mars 1999



ASSOCIATION NATIONALE SCIENCES TECHNIQUES JEUNESSE

S e c t e u r E S P A C E

16 Place Jacques Brel - 91130 RIS ORANGIS

Téléphone : 1-69-02-76-10 / Télécopie : 1-69-43-21-43

E-Mail : espace@anstj.mime.univ-paris8.fr

Edition Mars 1995

Aide à la rédaction d'une chronologie de fusée expérimentale

Note technique ANSTJ

Remerciements

Cette note technique a été rédigé par:

Jean LAMOURE

avec l'aide de :

Alain DARTIGALONGUE

Eric SCHMITT

Sommaire

INTRODUCTION	6
1. L'INTERET D'UNE CHRONOLOGIE	7
2. LE CONTENU D'UNE CHRONOLOGIE	8
2.1. SECURITE.....	8
2.2. LES LIEUX DE MISE EN OEUVRE DE VOTRE FUSEE	9
2.3. REMARQUE SUR LA SPECIFICITE DES RAMPES	10
2.4. LES ELEMENTS D'UNE CHRONOLOGIE	11
3. LA REDACTION D'UNE CHRONOLOGIE	14
4. ANNEXE : EXEMPLE DE PRE-IMPRIME POUR LA REDACTION DE CHRONOLOGIES	17

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 oeuvre, puis lors du lancement de réaliser dans le bon ordre toutes les opérations nécessaires à la mise en oeuvre 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.

1. L'intérêt d'une chronologie

Le lancement de votre fusée expérimentale est une opération assez complexe à mettre en oeuvre 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, évacuations 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 oeuvre 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 oeuvre 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 initialisateur (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 oeuvre. Et c'est en pensant à la mise en oeuvre de votre fusée dès sa conception que vous réaliserez une fusée simple à mettre en oeuvre 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.

2. 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.

2.1. 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 oeuvre 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 oeuvre se fait en trois étapes :

- 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 fasse 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 oeuvre de la fusée ; toutes les autres regagnent la zone du public.

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. Elle est mise en place une fois qu'il n'est plus nécessaire de sortir la fusée de la rampe. Auparavant on procédera à la seconde évacuation afin qu'il ne reste plus au niveau des rampes qu'un seul membre du club : celui qui effectuera les ultimes opérations avant le lancement.

Il est impératif que les manipulations du propulseur et de la canne d'allumage se fassent avec les équipements de la fusée hors tension (expériences, télémètre, séquenceur, ...).

Une fois la fusée en rampe et la canne d'allumage mise en place, vous ne devez plus avoir qu'à mettre en marche les équipements de votre fusée, et ce sans déplacer la fusée. Les initialisateurs, voyants et interrupteurs doivent donc être facilement accessibles.

2.2. Les lieux de mise en oeuvre de votre fusée

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

- la tente clubs : cette tente est située entre la zone public et les rampes ; 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). On y trouve également le pupitre

de mise à feu. Certaines opérations exceptionnelles peuvent y avoir lieu après accord des pyrotechniciens (à voir avec votre suiveur).

- la zone rampes : 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.

2.3. Remarque sur la spécificité des rampes

Pour lancer les fusées expérimentales, on utilise actuellement les rampes Astérix, Obélix, Menhir (par ordre de gabarit croissant) et éventuellement la petite Idéfix.

Le tableau ci-dessous présente (à titre indicatif) les rampes habituellement utilisées en fonction du propulseur de la fusée :

	Idéfix	Astérix	Obélix	Menhir
Koudou	X	X		
Isard		X	X	
Chamois		X	X	X
Caribou				X

Lors de la rédaction de votre chronologie, vous devez tenir compte des spécificités du moteur et de la rampe employés (comme on le verra dans le paragraphe suivant).

Ainsi, la mise en oeuvre d'un Koudou est différente de celle des autres moteurs et la rampe Menhir nécessite, de par sa conception, un enchaînement des opérations différent des autres rampes.

Les fusées propulsées par un Chamois peuvent être lancées soit sur Menhir, soit sur Astérix ou Obélix (qui ont des spécificités différentes de Menhir), et le choix ne se fera qu'au dernier moment de manière à optimiser l'enchaînement des lancements. Nous vous conseillons donc de rédiger deux chronologies pour les

fusées équipées d'un Chamois : une pour un lancement sur Menhir et une pour un lancement sur une des autres rampes.

2.4. 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.

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. Il n'en est pas de même pour certaines étapes intermédiaires, nous serons donc amenés à différencier plusieurs cas.

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. Il y a 200 mètres, prévoyez donc quelques minutes dans votre chronologie. Vous pouvez indiquer dans votre chronologie tous les objets dont vous aurez besoin pour mettre en oeuvre votre fusée ; ça vous évitera par exemple de devoir repartir en courant pour aller chercher l'initialisateur que vous avez oublié dans votre voiture (500 m aller plus 500 m retour) ...

Une fois arrivé 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). Pour les fusées dont le diamètre extérieur est inférieur à celui du propulseur, il faudra attendre que le propulseur soit mis en place pour procéder à la compatibilité rampe.

*L'enchaînement des opérations suivantes dépend de la rampe employée.
Nous allons donc distinguer trois cas :*

- Fusées propulsées par un Koudou :

On orientera la rampe en gisement (2 minutes).

Puis on procédera à la première évacuation du public (2 minutes). Il ne devra alors plus rester, en dehors des équipes opérationnelles, que l'équipe du club nécessaire à la mise en oeuvre de la fusée (au maximum 3 personnes plus un photographe du club).

On pourra ensuite procéder à la mise en place du propulseur (5 minutes).

On mettra alors votre fusée en rampe.

Puis on effectuera la seconde évacuation de manière à ce qu'il ne reste plus qu'**un seul membre du club**.

On orientera ensuite la rampe en site (2 minutes).

Un pyrotechnicien mettra alors en place la canne d'allumage qui est en fait un gévelot (5 minutes).

- Autres fusées lancées sur les rampes Astérix ou Obélix :

On orientera tout d'abord la rampe en gisement (2 minutes).

Puis on pourra procéder à la mise en rampe de votre fusée.

On effectuera alors la première évacuation du public (2 minutes). Il ne devra alors plus rester, en dehors des équipes opérationnelles, que l'équipe du club nécessaire à la mise en oeuvre de la fusée (au maximum 3 personnes plus un photographe du club).

On pourra ensuite procéder à la mise en place du propulseur et des ailerons (10 minutes).

Puis on effectuera la seconde évacuation de manière à ce qu'il ne reste plus qu'**un seul membre du club**.

Un pyrotechnicien mettra alors en place la canne d'allumage (5 minutes).

On orientera ensuite la rampe en site (2 minutes).

- Fusées lancées sur la rampe Menhir :

On profitera des membres de club présents au niveau de la rampe pour l'orienter en gisement (3 minutes), avant de procéder à la première évacuation du public (2 minutes). Il ne devra alors plus rester, en dehors des équipes opérationnelles, que l'équipe du club nécessaire à la mise en oeuvre de la fusée (au maximum 3 personnes plus un photographe du club).

On pourra ensuite procéder à la mise en place du propulseur et des ailerons (10 minutes).

On mettra alors votre fusée en rampe (2 minutes).

Ensuite on orientera la rampe en site grâce à un moteur électrique (10 minutes).

Puis on effectuera la seconde évacuation de manière à ce qu'il ne reste plus qu'**un seul membre du club**.

Un pyrotechnicien mettra alors en place la canne d'allumage (5 minutes).

La fin de la mise en oeuvre de la fusée est indépendante du moteur et de la rampe employés :

Le membre du club encore présent procédera à la mise en fonctionnement de votre fusée (expériences, télémessure, système de récupération, ...).

Puis il ira jusqu'à la tente pyrotechnie (où se trouve le pupitre de mise à feu) pendant que les pyrotechniciens raccorderont 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 appuiera sur le bouton de mise à feu et la fusée s'élancera alors pour un vol qui sera, espérons le, nominal ...

3. 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 :

- *Demande d'essai télémesure à la station télémesure (signal de pression sur voie Irig n°10 centrée à 5400 Hz).*
- *Mise en route de la télémesure (après décompte par la station télémesure) :*
 - *basculer l'interrupteur 'Emetteur' sur la position 'On'*
 - *vérifier que la led 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 led 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 leds 'Modulation' et 'Emetteur' sont éteintes
- Attendre confirmation par la station télémessure 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.

L'ANSTJ 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 obligé 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 oeuvre 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 oeuvre de votre fusée 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 l'ANSTJ si vous rencontrez le moindre problème dans la rédaction de votre chronologie.

4. Annexe : Exemple de pré-imprimé pour la rédaction de chronologies

