



Club scientifique de jeunes

EURYDICE II

COMPTE-RENDU DE LANCEMENT

Révision 1.0

28 octobre 1992

Rédigé par : Emmanuelle de JUNNEMANN

Approuvé par : Hervé GORY

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
1.1. Historique de l'expérience	1
1.2. Terminologie et abréviations	1
2. DESCRIPTION DU PROJET EURYDICE II.....	2
2.1. Structure de la fusée.....	2
2.1.1. Caractéristiques générales.....	2
2.1.2. Caractéristiques détaillées	2
2.1.3. Méthodes et contrôles	2
2.2. Propulseur.....	3
2.2.1. Caractéristiques.....	3
2.2.2. Courbes de poussée	3
2.3. Trajectoire	3
2.4. Equipements embarqués	3
2.4.1. Moyens de servitude.....	3
2.4.1.1. Gestion de la séparation	3
2.4.1.2. Gestion de la récupération.....	4
2.4.1.3. Système de transmission de données.....	4
2.4.1.4. Système d'alimentation.....	5
2.4.2. Expérience.....	5
2.4.2.1. Description	5
2.4.2.2. Mesures	5
2.4.2.3. Phases de vol	6
2.4.2.4. Acquisition et traitement.....	6
2.4.2.4.1 Composition de la trame	6
2.4.2.4.2. Format de transmission.....	7
2.5. Moyens au sol.....	7

2.5.1. Système de réception	7
2.5.2. Systèmes de sécurité	7
2.5.2.1. Système de commande à distance de l'alimentation de la fusée	7
2.5.2.2. Système de sécurité du système de séparation	7
2.5.2.3. Cordon arrachable	7
3. CAMPAGNE DE LANCEMENT	8
3.1. Installation	8
3.1.1. Moyens du GAREF PARIS	8
3.1.2. Moyens fournis par le CSG	8
3.1.2.1. Locaux et installations de lancement	8
3.1.2.2. Soutien	8
3.1.2.3. Moyens Météo	8
3.1.2.4. Moyens Radars	9
3.1.2.5. Télémessure	9
3.1.2.6. Moyens Optiques	9
3.2. Opérations de lancement	9
3.2.1. Organisation	9
3.2.2. Chronologie	10
3.2.3. Paramètres de tir	10
3.3. Lancement	10
3.4. Récupération	11
4. EXPLOITATION DES MESURES	12
4.1. Informations fournies par le CSG	12
4.1.1. Météo	12
4.1.2. Radars	12
4.1.3. Télémessures	12
4.1.4. Optique	12
4.2. Mesures embarquées	12

4.2.1. Températures	12
4.2.2. Accélération	13
4.2.3. Pression.....	14
4.2.4. Giration.....	14
4.2.5. Phases de vol	14
5. CONCLUSION.....	15
5.1. Bilan	15
5.2. Remerciements	15
6. ANNEXES.....	16

1. INTRODUCTION

1.1. Historique de l'expérience

La première fusée expérimentale du type EURYDICE : "EURYDICE 1", a été lancée, par l'équipe du GAREF PARIS, le 31 juillet 1991, du Centre Spatial Guyanais.

Le premier objectif de cette expérience était de montrer qu'il était possible d'utiliser des matériaux composites comme la fibre de carbone pour réaliser une structure de la fusée.

Le deuxième objectif était de qualifier un calculateur de bord ainsi qu'une chaîne de transmission de télémesure PCM à 2 GHz (composé d'un émetteur et d'une antenne de peau, développée avec l'aide technique du CNET).

Lors du vol, la fusée a perdu sa stabilité à H0 + 2,330s puis s'est disloquée. Le dépouillement de la télémesure et l'expertise des morceaux de structure récupérés ont révélé que les ailerons, échauffés sous l'action du soleil, se sont déformés, ce qui a provoqué la perte de stabilité de la fusée. Cette déformation est due à l'utilisation d'une résine d'enrobage des fibres de carbone non conforme : celle-ci devenait molle à des températures supérieures à 50°C. Cette température peut être facilement atteinte au soleil, sur le site de lancement du CSG.

Des télémesures d'excellente qualité ont été reçues. Ce tir nous a donc permis de valider la technologie choisie pour réaliser le calculateur de bord et le système de transmission de télémesure à 2 GHz et de tester la résistance aux accélérations, aux chocs et aux vibrations de l'électronique embarquée.

Tenant compte de tout ceci, le GAREF PARIS a décidé de reconstruire en 1 an, une nouvelle fusée : d'EURYDICE II sur laquelle, tous les défauts constatés sur EURYDICE I ont été corrigés.

1.2. Terminologie et abréviations

- Sauvegarde : Service responsable de la sauvegarde des personnes et la protection des biens contre les dangers que peuvent présenter les opérations de préparation et de lancement
- CSG : Centre Spatial Guyanais
- CDL : Centre De Lancement
- TM : Télémesure
- DDO : Directeur Des Opérations
- COEL : COordination des Equipes de Lancement

2. DESCRIPTION DU PROJET EURYDICE II

2.1. Structure de la fusée

2.1.1. Caractéristiques générales

- diamètre extérieur : 125 mm
- masse avec propulseur : 23,6 kg
- masse sans propulseur : 12,5 kg
- longueur : 2125 mm
- propulseur utilisé : caribou (nouvelle version)
- structure en fibre de carbone

2.1.2. Caractéristiques détaillées

La structure mécanique d'EURYDICE II est en fibre de carbone et en alliage d'aluminium.

Nous avons essayé de réaliser le maximum de pièces en fibre de carbone ce qui permet de gagner en solidité et en masse par rapport aux fusées réalisées uniquement en alliage d'aluminium.

Les pièces qui demandaient une mise en oeuvre et des techniques trop complexes (cône, système de séparation, boîtier des minuteriers) ont été réalisées en alliage d'aluminium.

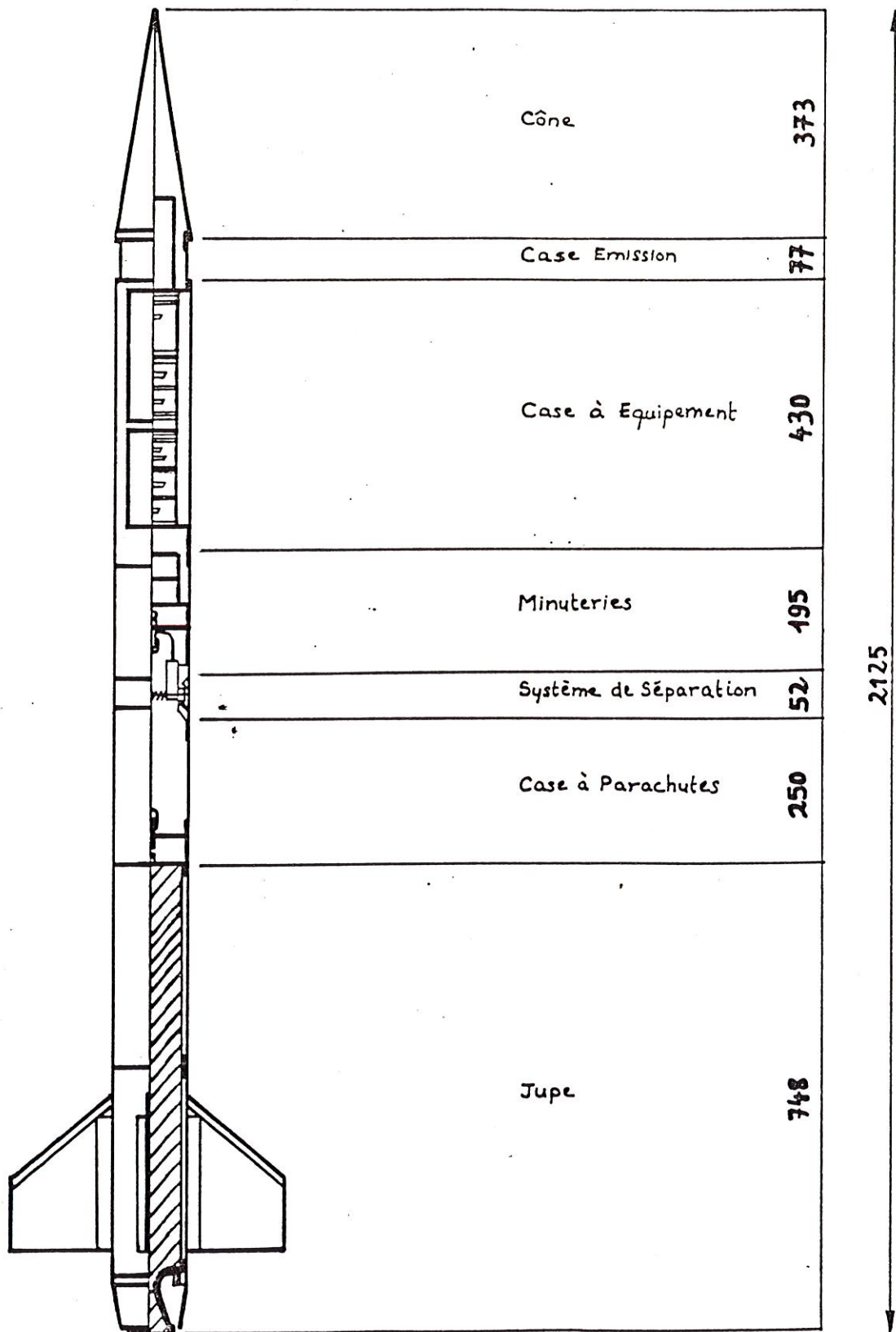
Les améliorations par rapport à EURYDICE I sont :

- l'augmentation du pourcentage de carbone utilisé dans la structure,
- la diminution du nombre de pièces nécessaires pour réaliser celle-ci,
- la réalisation de la case à équipement en une pièce monobloc assurant ainsi une meilleure rigidité de cette partie.
- la fixation des pièces en carbone par collage plutôt que par vissage ce qui permet de ne pas fragiliser les pièces en fibre de carbone,
- la réalisation des pièces en fibre de carbone suivant une procédure précise et validée,
- le suivi qualité des pièces réalisées en fibre de carbone grâce à des témoins.

2.1.3. Méthodes et contrôles

Suite au problème de résine rencontré sur EURYDICE I, des procédures de réalisation et de contrôle ont été mises au point et suivies pendant toute la réalisation de la structure.

EURYDICE II
PLAN d'ENSEMBLE



2.2. Propulseur

Le propulseur mis au point par THOMSON-BRANDT et la SEP nous est fourni par le CNES.

2.2.1. Caractéristiques

- diamètre intérieur : 103,4 mm
- masse de poudre : 4,8 kg
- masse mécanique : 6,3 kg
- masse totale : 11,1 kg
- poussée moyenne : 3786 N
- impulsion spécifique : 192,036 secondes
- allumage par la tuyère (canne)

2.2.2. Courbes de poussée

Voir annexe A

2.3. Trajectoire

- angle de tir : 89°
- culmination en 27,9 secondes
- durée de vol : environ 10 minutes
- type du vol : supersonique
- vitesse maximum : 1,13 mach
- altitude maximum : 4071 m
- portée en cas d'écrasement : 700 m

2.4. Equipements embarqués

2.4.1. Moyens de servitude

Ce sont les moyens nécessaires quelque soit l'expérience embarquée.

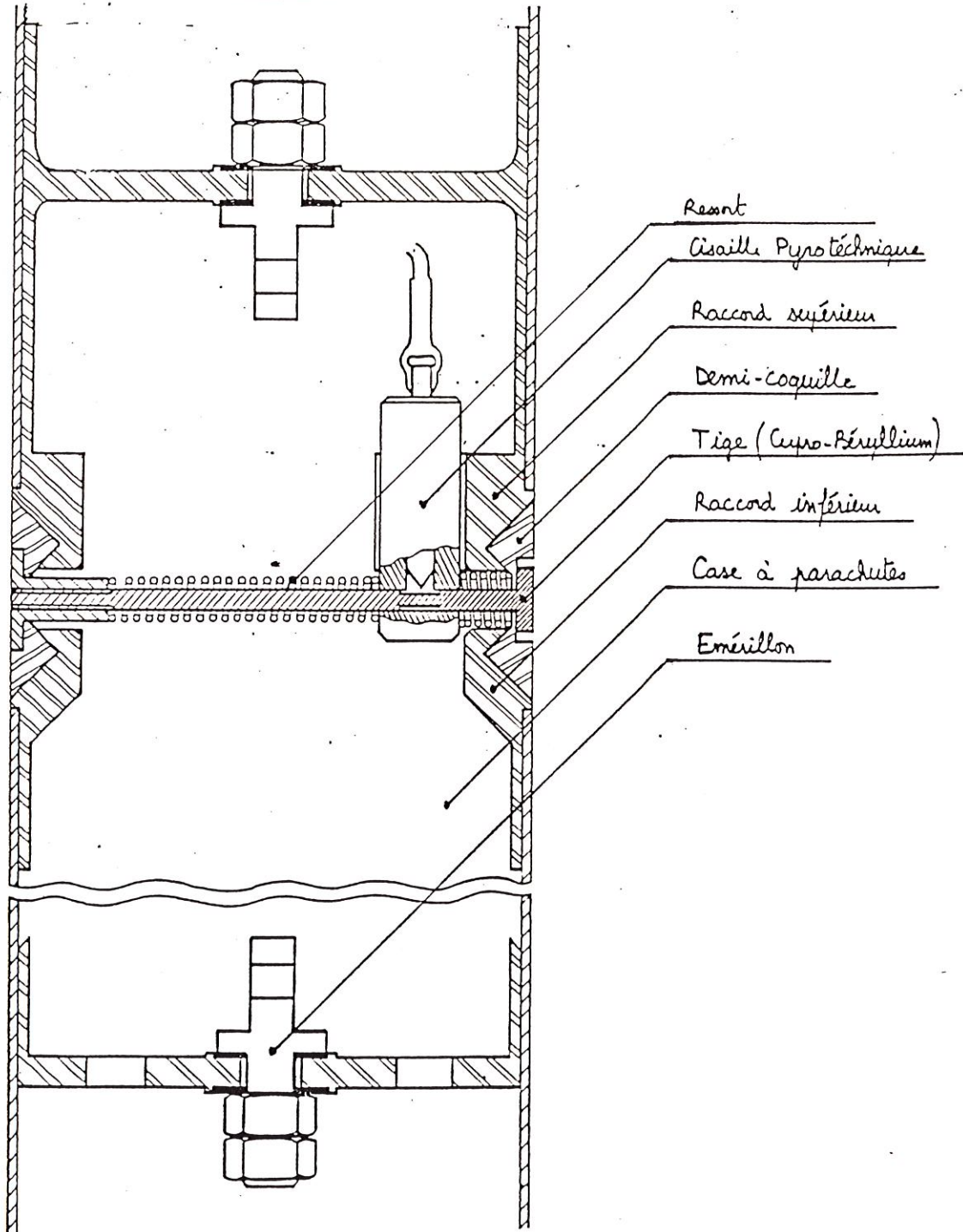
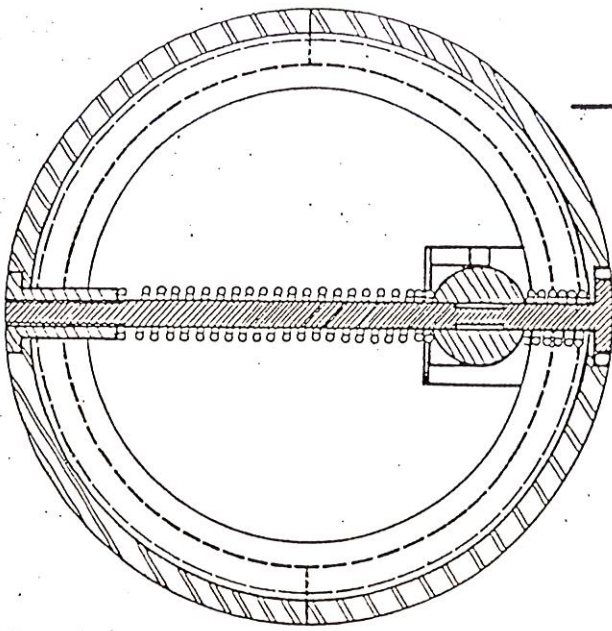
2.4.1.1. Gestion de la séparation

La séparation est pilotée par 2 minuteriers jouant le même rôle (redondance pour augmenter la fiabilité).

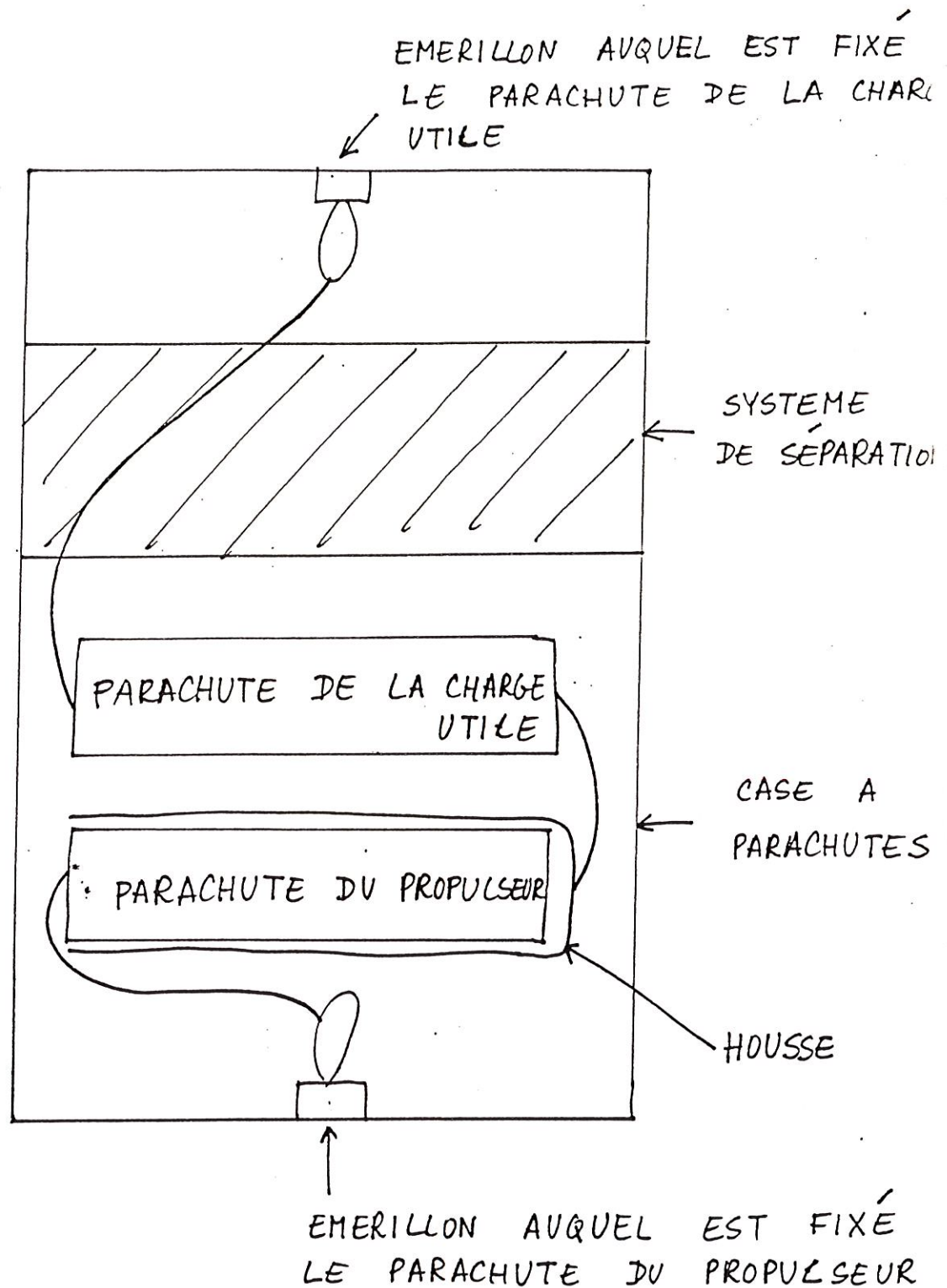
Chaque minuterie est initialisée au décollage par un accélérocontact. Au temps programmé (temps de culmination) elles actionnent la cisaille pyrotechnique qui a 2 circuits d'allumage.

Cette cisaille coupe un axe fileté qui maintient 2 demi-coquilles en alliage d'aluminium (voir plan du système de séparation).

EURYDICE II.
SYSTEME de SEPARATION



PRINCIPE D'EXTRACTION DES PARACHUTES



Les deux minuteriers qui ont une fonction pyrotechnique sont identiques et totalement indépendantes l'une de l'autre, c'est à dire qu'elles ont chacune leurs batteries et leur accélérocontact. Elles n'ont aucune liaison entre elles. Elles ont une conception entièrement numérique avec des réseaux logiques programmables (LCA) implantés en CMS. La logique est conçue de manière à être la plus sécuritaire possible. Elles ont été testées en caisson climatique -20 +60° pendant une centaine d'heures par un banc de test automatique, ceci afin de les pré vieillir et de déceler d'éventuelles anomalies.

Elles fournissent chacune une phase de vol au calculateur de bord et à un boîtier de sécurité au sol, par l'intermédiaire d'optocoupleurs et d'un cordon ombilical. Ces optocoupleurs assurent l'isolement électrique entre les minuteriers et, le calculateur de bord et le boîtier de sécurité.

Le boîtier de sécurité au sol permet de connaître l'état des minuteriers pendant les instants qui précèdent le décollage, lorsque celles-ci sont alimentées et donc susceptibles d'être déclenchées. Une led s'allume et un buzzer sonne si une des minuteriers est déclenchées. Il faut alors mettre les minuteriers hors-tension pour tout stopper.

Le cordon ombilical reliant la fusée au boîtier de sécurité au sol est arraché lors du décollage. On utilise un connecteur arrachable fixé sur un support incliné pour faciliter l'arrachage.

2.4.1.2. Gestion de la récupération

Lorsque la fusée atteint son point de culmination, elle se sépare en 2 parties : charge utile et propulseur.

Chaque partie redescend sous parachute (chaque partie a son parachute individuel).

Principe d'extraction des deux parachutes:

Les deux parachutes sont stockés dans la case à parachutes. Un des deux parachutes est enfilé dans une housse . La housse est fixée au sommet de l'autre parachute.

Chaque parachute est fixé à la fusée par un émerillon, monté sur roulement à aiguille afin d'éviter la mise en torche des parachutes. L'émerillon du parachute du propulseur est placé dans la case à parachutes et celui du parachute de la charge utile, est placé au dessus du système de séparation.

Lors de la séparation, le parachute auquel est attachée la housse (parachute de la charge utile), tire le 2ème parachute (parachute du propulseur) vers l'extérieur. Ce principe permet d'assurer une sortie optimale des parachutes.

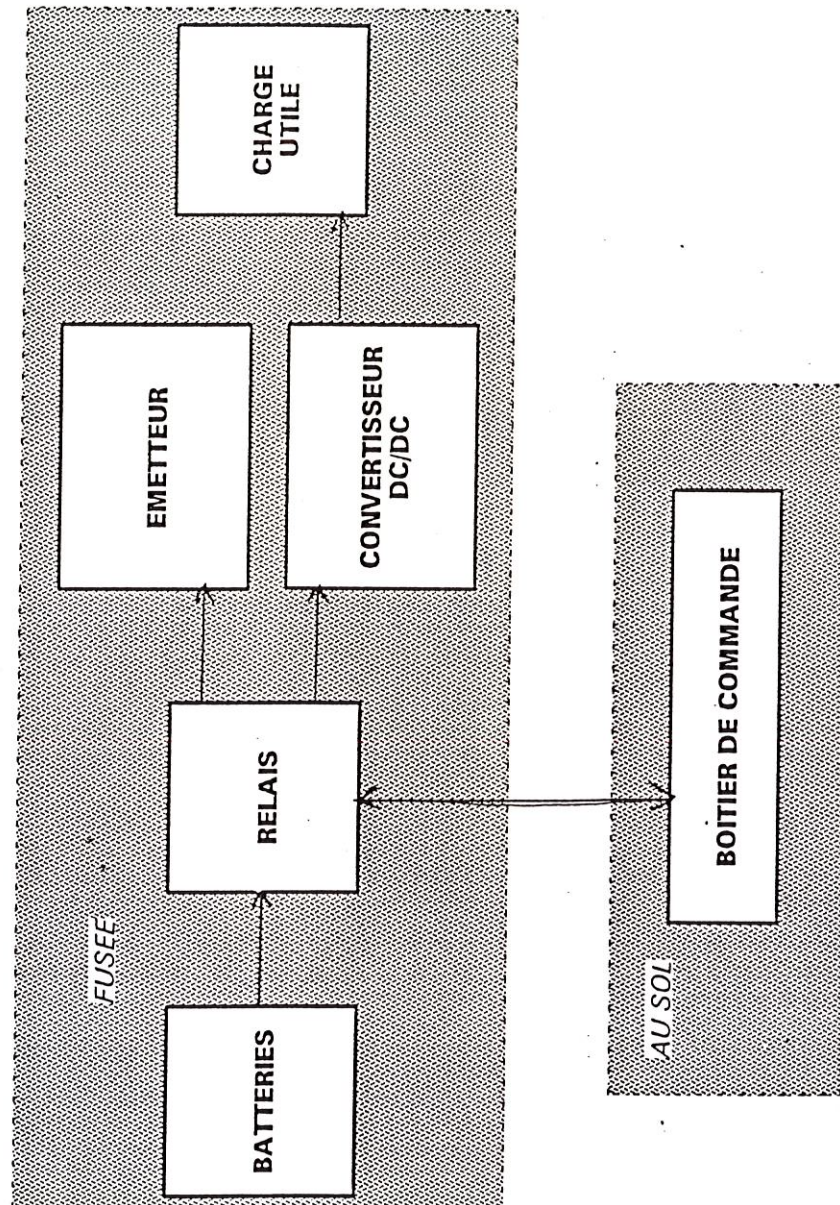
Voir schéma de principe d'extraction des parachutes.

2.4.1.3. Système de transmission de données

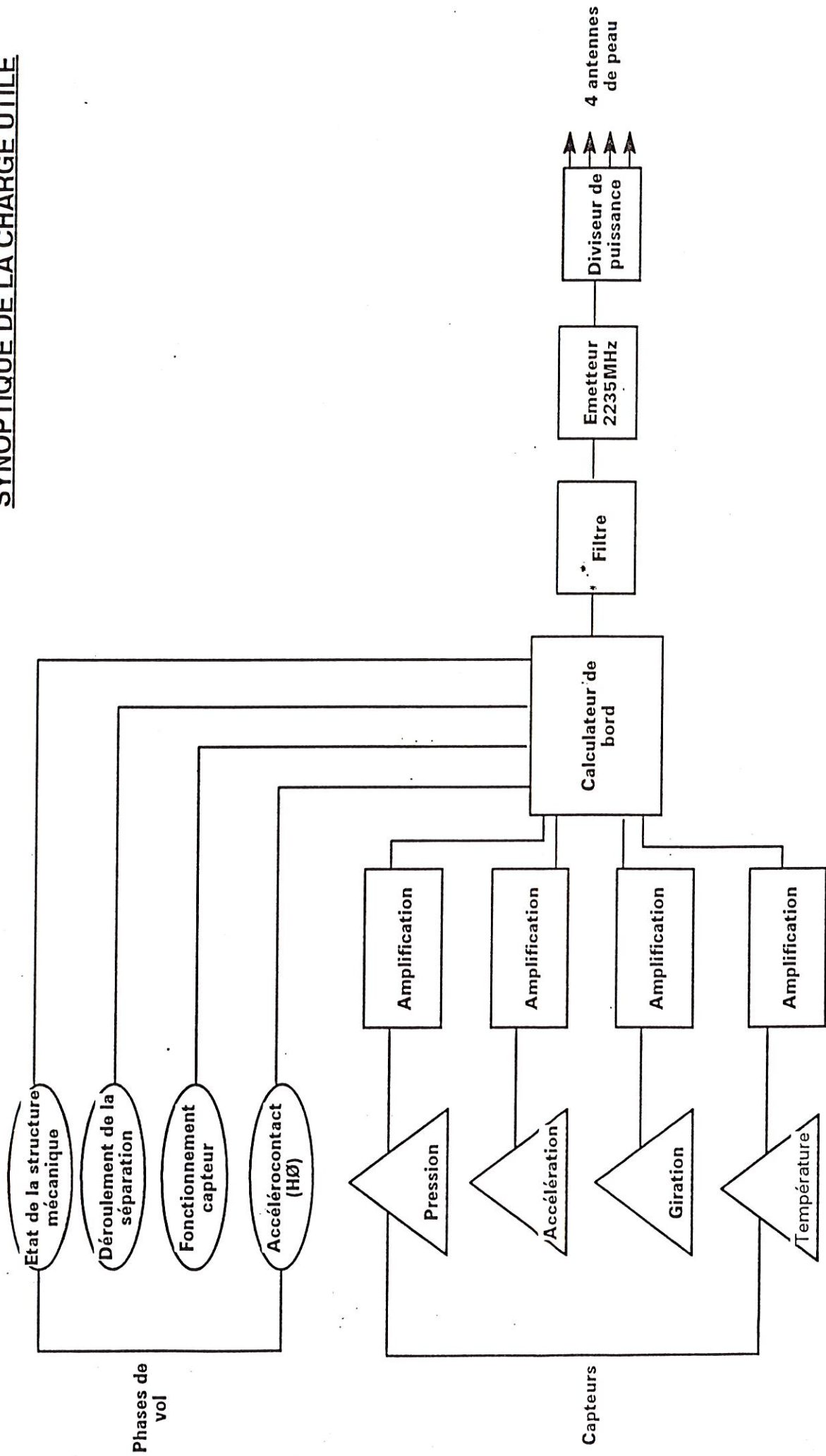
La transmission des trames au sol se fait à l'aide d'un émetteur de télémesure émettant dans la bande S, sa fréquence étant de 2235 MHz (puissance 2W (33dBm)). Il est relié à 4 antennes de peau par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance.

Ces antennes sont les mêmes que celles de la fusée EURYDICE I et sont des antennes de peau développées avec l'aide du CNET. Elles sont combinées de telle sorte qu'elles permettent une émission d'une manière omnidirectionnelle sauf sous un angle d'une trentaine de degrés situé sous l'engin.

SYNOPTIQUE DU SYSTEME D'ALIMENTATION



SYNOPSIS DE LA CHARGE UTILE



2.4.1.4. Système d'alimentation

Suite aux remarques du CSG lors du tir de "EURYDICE I", le système d'alimentation de la fusée a été modifié.

Ce nouveau système permet la mise sous-tension et hors-tension de la fusée, à distance, à partir d'un boîtier de commande et d'un cordon ombilical reliant la fusée au boîtier de commande.

Ce cordon ombilical s'arrache au décollage.

Avantages de ce système :

- l'émetteur de télémesure pourra être mis hors-tension pendant les opérations délicates (fixation du propulseur et de la canne d'allumage). Il sera définitivement mis sous tension après l'évacuation de la rampe de lancement.
- l'autonomie (3/4 d'heure) de la charge utile sera pas entamée si les préparatifs du vol durent plus longtemps que prévu, le jour du lancement.

Description détaillée :

Voir synoptique du système d'alimentation

Ce système comprend un relais bistable et un convertisseur DC/DC délivrant les tensions -15V, +15V et +5V à la charge utile.

Le relais est commandé à distance à partir d'un boîtier de commande relié au système d'alimentation de la fusée par le cordon ombilical. Le relais commute les batteries sur le convertisseur et sur l'émetteur ou dans une position où elles ne sont reliées à rien.

Le boîtier de commande est équipé de voyants qui permettent de connaître l'état des relais et d'un voltmètre permettant de connaître l'état des batteries. Il fonctionne sur batteries.

2.4.2. Expérience

2.4.2.1. Description

Voir synoptique de la charge utile

2.4.2.2. Mesures

Différents capteurs sont embarqués à bord de la fusée et permettent d'effectuer les mesures suivantes :

- mesures de température effectuées par 4 capteurs (thermocouples)
 - 1 au niveau du cône (mesure de la température de l'air en surface)
 - 1 dans la case à équipement
 - 1 sur un aileron (mesure de la température de l'air en surface)
 - 1 au niveau de la tuyère (mesure de la température de l'air en surface).
- mesure d'accélération dans l'axe de la fusée
- mesure de pression
- mesure de giration (elle est effectuée à l'aide de 3 photodiodes et elle permet de mesurer la vitesse de rotation de la fusée, sur elle-même, pendant le vol).

SYNOPTIQUE DU CALCULATEUR DE BORD

Phases de vol

Mesures amplifiées

Température 1

Température 2

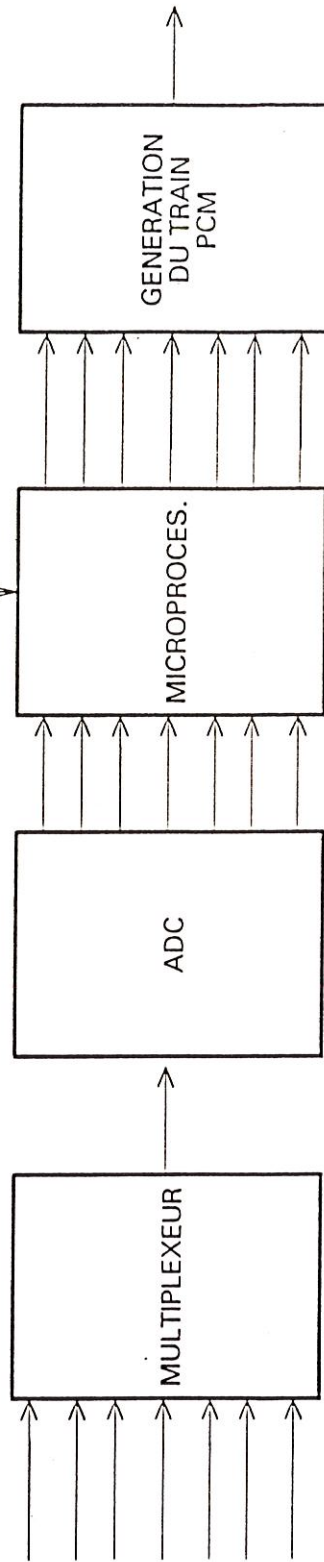
Température 3

Température 4

Accélération

Pression

Giration



Les mesures issues des différents capteurs sont amplifiées avant d'être transmises au calculateur de bord.

2.4.2.3. Phases de vol

Des phases de vol nous permettent d'avoir certains renseignements sur le déroulement de l'expérience pendant le vol.

Ces informations, sont de plusieurs types :

- information sur l'état de la structure de la fusée. Une phase de vol est placée sur chaque aileron. Nous saurons ainsi si les ailerons sont arrachés.
- information sur le fonctionnement des capteurs. A chaque thermocouple est associée une phase de vol. Celle-ci nous permet de savoir si le thermocouple est coupé ou s'il ne l'est pas, c'est à dire s'il fonctionne ou s'il ne fonctionne pas.
- information sur le déroulement de la séparation en deux parties de la fusée au temps de culmination : 4 phases de vol permettent de suivre le déroulement de cette opération.
- information sur le HØ. Une phase de vol qui n'est autre qu'un accélérocontact permet de connaître avec précision le temps du HØ. Ceci permet ainsi une comparaison plus aisée entre les résultats théoriques du calcul de trajectoire et les résultats du dépouillement des trames envoyées par la fusée et reçues au sol.

2.4.2.4. Acquisition et traitement

Voir synoptique du calculateur de bord

Les mesures amplifiées provenant des différents capteurs sont numérisées grâce à un convertisseur analogique numérique pour pouvoir être traitées par le calculateur de bord. Ce dernier génère des trames à partir des mesures amplifiées et des phases de vol. Ces trames sont codées en code biphase inversé. Ce train PCM est filtré (seules les 4 premières harmoniques du signal sont conservées) avant d'être transmis à l'émetteur.

2.4.2.4.1 Composition de la trame

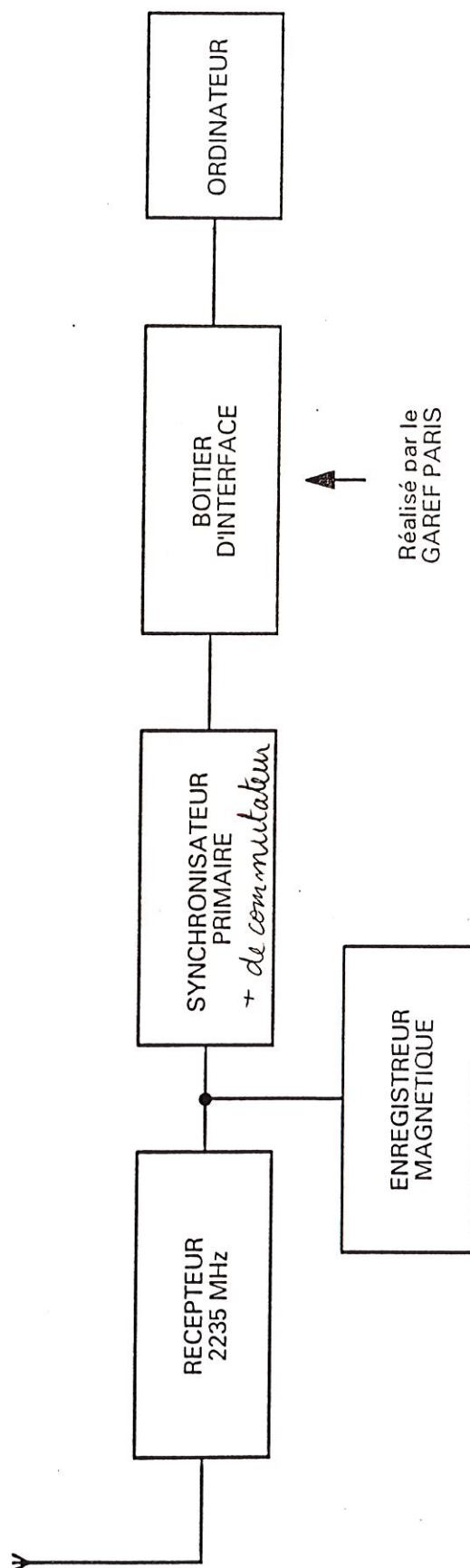
Elle est composée de 20 mots de 9 bits (8 bits de données + 1 bit de parité)

Les deux premiers mots représentent le mot de synchronisation de 18 bits : IIII00II0 IOI000000
Le mot de synchronisation choisi a une probabilité de fausse synchronisation de $8,228 \times 10^{-4}$.

- 1 - mot de synchronisation (poids forts)
- 2 - mot de synchronisation (poids faibles)
- 3 - accélération
- 4 - n° de trame (poids forts)
- 5 - n° de trame
- 6 - n° de trame (poids faibles)
- 7 - pression
- 8 - accélération.
- 9 - giration
- 10 - MPV Ø (mot de phases de vol)
- 11 - MPV 1 (mot de phases de vol)
- 12 - libre (mot non affecté)
- 13 - accélération
- 14 - température 1
- 15 - température 2
- 16 - température 3
- 17 - température 4

SYNOPTIQUE RECEPTION AU SOL

(GAREF PARIS)



- 18 - accélération
- 19 - libre (mot non affecté)
- 20 - checksum

2.4.2.4.2. Format de transmission

On utilise pour la transmission un code biphase L inversé (BØL).

- Vitesse de transmission : 25 k bits/s

2.5. Moyens au sol

2.5.1. Système de réception

Voir synoptique réception au sol

Les trames envoyées par le système de transmission de la fusée sont reçues au sol à l'aide du système de réception mis au point par le GAREF PARIS.

Le système comprend un réception à 2235 MHz offert par le CSG, suivi d'un synchronisateur primaire, d'un décommutateur et d'un boîtier d'interface (conçu et réalisé par le GAREF PARIS).

Les trames sont alors stockées sur disque dur par un logiciel réalisé par le GAREF PARIS et en redondance sur bande magnétique.

2.5.2. Systèmes de sécurité

2.5.2.1. Système de commande à distance de l'alimentation de la fusée

Voir 2.4.1.4.

2.5.2.2. Système de sécurité du système de séparation

Voir 2.4.1.1.

2.5.2.3. Cordon arrachable

Le cordon ombilical, reliant la fusée aux systèmes de sécurité, est arraché au décollage.

3. CAMPAGNE DE LANCEMENT

3.1. Installation

3.1.1. Moyens du GAREF PARIS

Le GAREF PARIS a installé son système de réception (voir 2.5.1.) dans les locaux mis à sa disposition sur le site météo.

3.1.2. Moyens fournis par le CSG

3.1.2.1. Locaux et installations de lancement

Le CSG a mis à la disposition du GAREF PARIS des locaux :

- Un bureau et une salle d'intégration situés dans le bâtiment URANUS au centre technique. Ces locaux ont permis de mener à bien toute l'organisation du lancement et de réaliser l'intégration de la fusée en atmosphère climatisée.
- Un local situé dans le CDL du site de lancement fusées sondes, destiné aux dernières opérations sur la fusée avant le lancement.
- Un local situé sur le site météo pour installer sa station de réception.

Ainsi que des installations de lancement. Ce sont celles utilisées pour les lancements des fusées sondes "supercarcas" à l'exception de la rampe qui est spécifique à la fusée du GAREF PARIS.

3.1.2.2. Soutien

L'ensemble du soutien sur place était coordonné par une personne de la division opération du CSG (Monsieur PINEAU) qui assurait l'organisation de la campagne de lancement ainsi que l'activation et la coordination des différents moyens de lancement, à savoir :

- sauvegarde, météo, radar, télémessure, optique, pyrotechnique, photo vidéo, véhicules ...

3.1.2.3. Moyens Météo

Des moyens météo ont été mis en oeuvre le jour du tir :

- sondage météo effectué par un ballon sonde
- relevés réguliers des vitesses du vent à certaines altitudes

Ces caractéristiques météorologiques sont importantes pour la sauvegarde. Elles pourront être corrélées avec certaines mesures réalisées par l'expérience embarquée.

3.1.2.4. Moyens Radars

Des moyens radars (radars de poursuite) ont été mis en oeuvre sur 2 sites différents :

- l'un, situé sur le site météo, composé d'un radar adour
- l'autre, situé sur la Montagne des Pères, composé d'un radar Bretagne

Ces deux radars étaient couplés de façon à ce que si l'un "perd" la fusée, l'autre le recale automatiquement.

Les infos issues de ces radars nous ont permis de déterminer les points d'impact des deux parties de la fusée retombant sous parachute ainsi que l'altitude et le temps de culmination de la fusée.

3.1.2.5. Télémessure

La station télémessure Galliot, utilisée habituellement pour les lancements ARIANE et située sur le site de la Montagne des Pères, a été activée pour le lancement.

Elle est composée d'une antenne de réception assurant la poursuite automatique de la fusée et d'une chaîne de réception couplée à un système d'enregistrement sur bande magnétique.

Les télémessures pourront être enregistrées par la station et "rejouées" en temps différé.

La station nous fournira:

- la position de l'antenne de poursuite pendant le vol, position qui pourra être corrélée avec les informations fournies par les radars.
- des informations sur le bilan de liaison entre la fusée et le sol pendant le vol.

3.1.2.6. Moyens Optiques

Des moyens optiques composés d'une caméra pied rampe (35 mm, 1200 images par seconde) ont été mis en place le jour du lancement pour avoir des images de l'allumage et de la sortie de rampe de la fusée.

Ces images seront utilisées pour étudier un éventuel problème en sortie de rampe. De plus, ceci nous permettra de connaître le HØ effectif (instant auquel le bouton d'allumage du propulseur est enclenché) car la caméra est déclenchée à cet instant.

3.2. Opérations de lancement

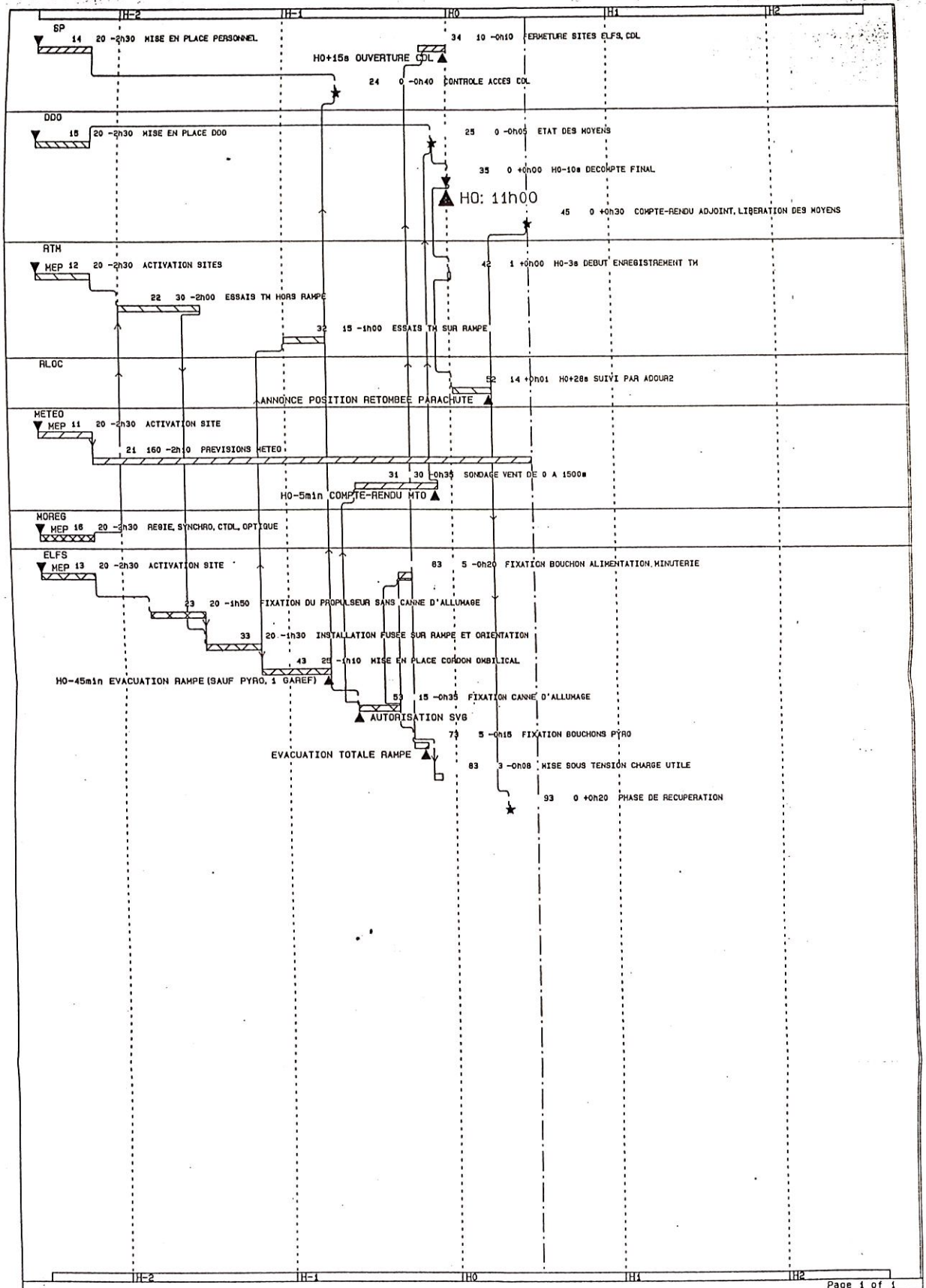
3.2.1. Organisation

Le jour du tir, les équipes du CSG assurant les fonctions radars, optique, météo, télémessure pyrotechnie et sauvegarde ont pris place sur les différents sites.

Les équipes du GAREF PARIS ont pris place:

- sur le site météo où est installé le système de réception du GAREF PARIS,
- sur le pas de tir du site fusées sondes pour mettre en place la fusée et effectuer les opérations avant lancement.

CHRONOLOGIE DE LANCEMENT



L'ensemble de ces équipes était coordonné par un DDO du GAREF PARIS assisté d'un COEL du CSG.

Toutes les opérations de lancement étaient décidées à partir de la chronologie par le DDO.

La sauvegarde était, assurée par les spécialistes du CSG.

Pour les opérations de récupération un avion a décollé juste après le tir pour repérer la position des différentes parties de la fusée.

3.2.2. Chronologie

Voir la chronologie

3.2.3. Paramètres de tir

- Angle de tir : 89°
- Longueur de la rampe : 2 m
- Charge utile : 12,5 kg
- Masse du propulseur plein : 11,1 kg
- Masse de l'engin au départ : 23,6 kg
- programmation de l'instant de la séparation : HØ +27s

3.3. Lancement

Le lancement a été effectué le 13 juillet 92 à HØ = 14h30 mn 00s (TU) 11h30 local, du site fusée sonde du CSG, avec un vent au niveau de la rampe de 2 à 3 m/s orienté 200° ce qui convient parfaitement à la stabilité de l'engin, et satisfait les critères de la sauvegarde.

Les opération d'allumage du propulseur, d'arrachement des cordons ombilicaux au décollage et la sortie de rampe de la fusée se sont déroulées normalement.

La séparation s'est effectuée au temps programmé. L'ouverture des parachutes de chaque partie (charge utile et propulseur) s'est déroulée normalement.

La descente sous parachute et l'impact au sol des différentes parties n'a entraîné aucun dommage de celles-ci.

Pendant tout le vol, les systèmes de réception du GAREF et du CSG n'ont eu aucune perte de réception jusqu'à l'impact au sol. Tous les mots de contrôle de parité sont juste de quelques secondes avant le décollage jusqu'à l'impact au sol inclus.

Le système de réception du CSG n'a décroché qu'à quelques mètres du sol (14H37:22).

Le système de réception du GAREF PARIS a continué à recevoir jusqu'à l'impact au sol (14H37:28,7).

Les moyens radar ont suivi tout le vol de la fusée sans problème. Ils ont déterminé le point d'impact de chacun des éléments (charge utile et propulseur).

3.4. Récupération

Pour faciliter la récupération de la fusée, un avion a décollé après l'impact au sol et a survolé les points d'impact déterminés par les radar. Ceci a permis de déterminer l'accessibilité des différents endroits de façon à mettre en oeuvre les moyens adaptés pour la récupération.

La récupération de la partie charge utile n'a pas posé de problème car le point d'impact se situait à quelques centaines de mètres du site météo, dans une zone dégagée et accessible, sans équipement particulier.

La récupération du propulseur a nécessité une recherche un peu plus approfondie car il est tombé dans une zone de végétation assez dense.

4. EXPLOITATION DES MESURES

4.1. Informations fournies par le CSG

4.1.1. Météo

Les différents paramètres météorologiques mesurés par le ballon sonde ont permis de connaître la pression à certaines altitudes (tous les 100 m, de 100 à 2000 m).

En corrélant avec les mesures de pression prises par les capteurs embarqués à bord de la fusée qui sont connues en fonction du temps, on a pu déterminer les instants auxquels la fusée a atteint les différentes altitudes étudiées par le ballon sonde, et ainsi vérifier l'exactitude des résultats théoriques obtenus à l'aide du calcul de trajectoire.

4.1.2. Radars

Les informations issues des radars nous permettent de déterminer l'altitude et le temps de culmination de la fusée.

Les calculs effectués à partir des données radars fournies par la Montagne des Pères donnent un temps de culmination de $H_0 + 27$ s, (c'est ce qui était prévu par le calcul de trajectoire) et une altitude de culmination de 4096 m. Le calcul de trajectoire prévoyait 4071 m.

4.1.3. Télémessures

Le CSG n'a eu aucun problème de réception. Cependant, il nous a été conseillé de réduire à l'avenir l'indice de modulation pour faciliter l'asservissement de l'antenne de réception (antenne de poursuite). Le bilan liaison fusée/sol est correct.

4.1.4. Optique

Les images prises par la caméra pied de rampe nous ont permis de vérifier que la sortie de rampe de la fusée s'était bien déroulée. De plus, elles nous ont permis de déterminer le H_0 effectif : 14H30 00s 200 ms, et ainsi, de recalculer par rapport à ce temps les instants de tous les événements survenus lors du vol (culmination, séparation ...).

4.2. Mesures embarquées

4.2.1. Températures

Les différents capteurs de température (thermocouples) étaient placés en affleurement de manière à s'affranchir de l'inertie des pièces en carbone et en aluminium.

Ils permettaient donc de mesurer la température de l'air en surface.

Les mesures de température prises par les capteurs situés sur le cône, dans la case à équipement et sur la jupe de la tuyère du propulseur sont de bonne qualité.

L'exploitation de ces mesures nous indique que les températures de l'intérieur de la case à équipement et de l'air compris entre la jupe et la tuyère, du propulseur, n'ont pas varié, évolué pendant le vol. Ceci était à prévoir.

Par contre, les mesures prises par le capteur situé sur le cône nous permet d'observer l'échauffement du cône.

La température de l'air en surface du cône est montée de 35°C à 75°C pendant les 2,7 s de poussée du propulseur. Elle est ensuite descendue progressivement jusqu'à 10°C où elle s'est stabilisée.

Le capteur placé sur un des ailerons semble avoir été perturbé pendant la phase propulsée. Les mesures prises sont inexploitable. Les images prises par la caméra pied de rampe nous permettent de supposer que ceci est dû à un retour de flamme qui est monté bien au dessus des ailerons.

4.2.2. Accélération

Le capteur d'accélération embarqué a mesuré l'accélération dans l'axe de la fusée.

Les mesures obtenues, nous permettent de déterminer l'accélération et donc les efforts, les chocs lors des différents événements survenus pendant le vol et de les dater.

Voir annexes B et C

Le t0 retenu est 14H30:0,2s

Premier événement : poussée du propulseur

On observe une courbe qui a exactement la même forme que celle obtenue lors du tir au banc du propulseur. La durée de combustion observée est bien de 2,7s comme cela était prévu.

L'accélération maximale subie par la structure lors de la phase propulsée a été de 18 g (g = accélération de la pesanteur)

Deuxième événement : allumage de la cisaille pyrotechnique, éjection des deux demi-coquilles.

Cette événement était programmé pour H0+27s

La datation donne 26,75s.

Troisième événement :

A H0+29,2s, on observe un pic d'accélération. Nous supposons qu'il est dû à la tension du toron reliant les deux parties de la fusée (propulseur et charge utile) avant l'arrachage.

Quatrième événement :

A H0 + 34,2s : ouverture du parachute de la charge utile. On aurait pu déclencher la séparation de la fusée en deux un peu plus tard, à un moment où celle-ci aurait eu un peu plus de vitesse.

Cinquième événement :

A H0 + 7 mn et 28,7 secondes (14H37:28,7), impact au sol.

De plus on observe des vibrations mécaniques jusqu'à H0 + 17s (bruit sur les mesures). Elles doivent être dues à la combustion de la poudre dans le propulseur.

4.2.3. Pression

Les mesures prises par le capteur sont de bonne qualité.

Voir annexe C

Une corrélation a été faite avec les données fournies par le du sondage météorologique (voir 4.1.1).

La comparaison avec le calcul de trajectoire donne des valeurs du même ordre de grandeur à 30 m près.

4.2.4. Giration

Les mesures prises par les 3 photodiodes ne sont pas aussi facilement exploitable que prévu.

On en déduit que la fusée a tourné mais le nombre de tours et la vitesse sont difficilement appréciable.

4.2.5. Phases de vol

Les phases de vol se sont correctement déroulées.

Elles rendent compte des différents événements survenus pendant le vol et permettent de les dater.

En les corrélant avec les mesures d'accélération, elles permettent d'expliquer le 3ème événement (voir 4.2.2 et annexe C).

A H0+26,7 s, les deux demi-coquilles ont été éjectées mais la fusée ne s'est pas séparée en deux immédiatement car un toron reliant les systèmes électriques de ces deux parties ne s'est pas déconnecté immédiatement. Il s'est tendu avant de se déconnecter. Ceci explique le pic d'accélération. Puis il y a eu séparation effective et sortie des parachutes.

5. CONCLUSION

5.1. Bilan

Les mesures prises après l'échec d'EURYDICE I (amélioration des méthodes de travail, de la qualité des réalisations mécaniques et électroniques, suivi de procédures qualité...) ont porté leurs fruits.

Elles ont permis de mener à bien la réalisation de ce projet en un an comme cela était prévu et d'aboutir à une réussite totale :

- déroulement sans problème de la campagne de lancement grâce aux moyens du CSG.
- vol réussi (stabilité de l'engin pendant tout le vol, la séparation s'est effectuée au temps programmé et s'est bien déroulée)
- récupération de l'engin en parfait état
- réception de mesures de très bonne qualité et exploitables.

5.2. Remerciements

Le GAREF PARIS tient à remercier tout particulièrement tous ceux qui l'ont aidé au financement et à la réussite de cette expérience. Le CNES-DC et le Centre Spatial Guyanais, le CNET et la DJS de la MAIRIE DE PARIS.

6. ANNEXES

ANNEXE A

THOMSON BRANDT AXMINSTER

CAR SCU PRODU CAS 91

09-10-91

DAN BARS

70

60

50

40

30

20

10

0

10000

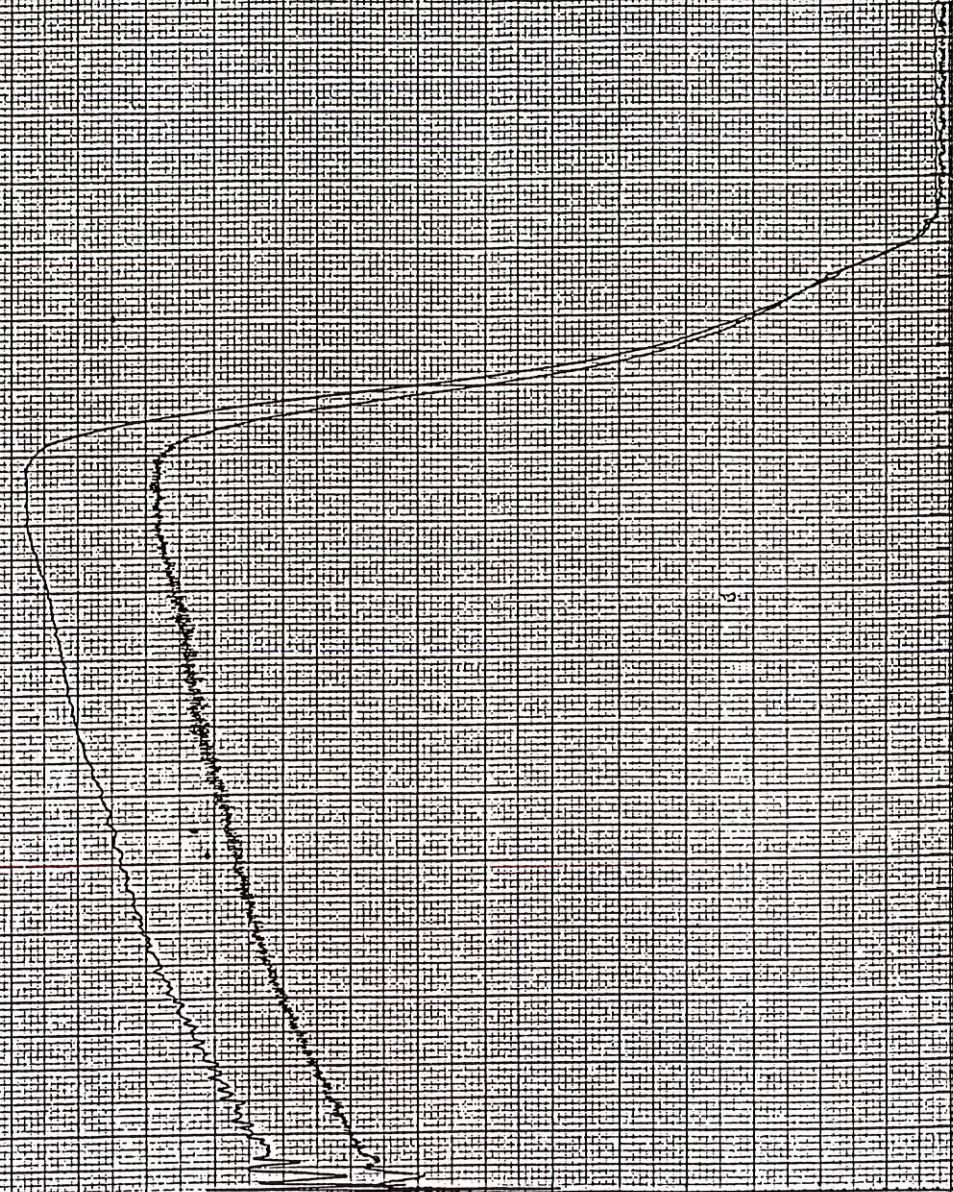
11000

21000

31000

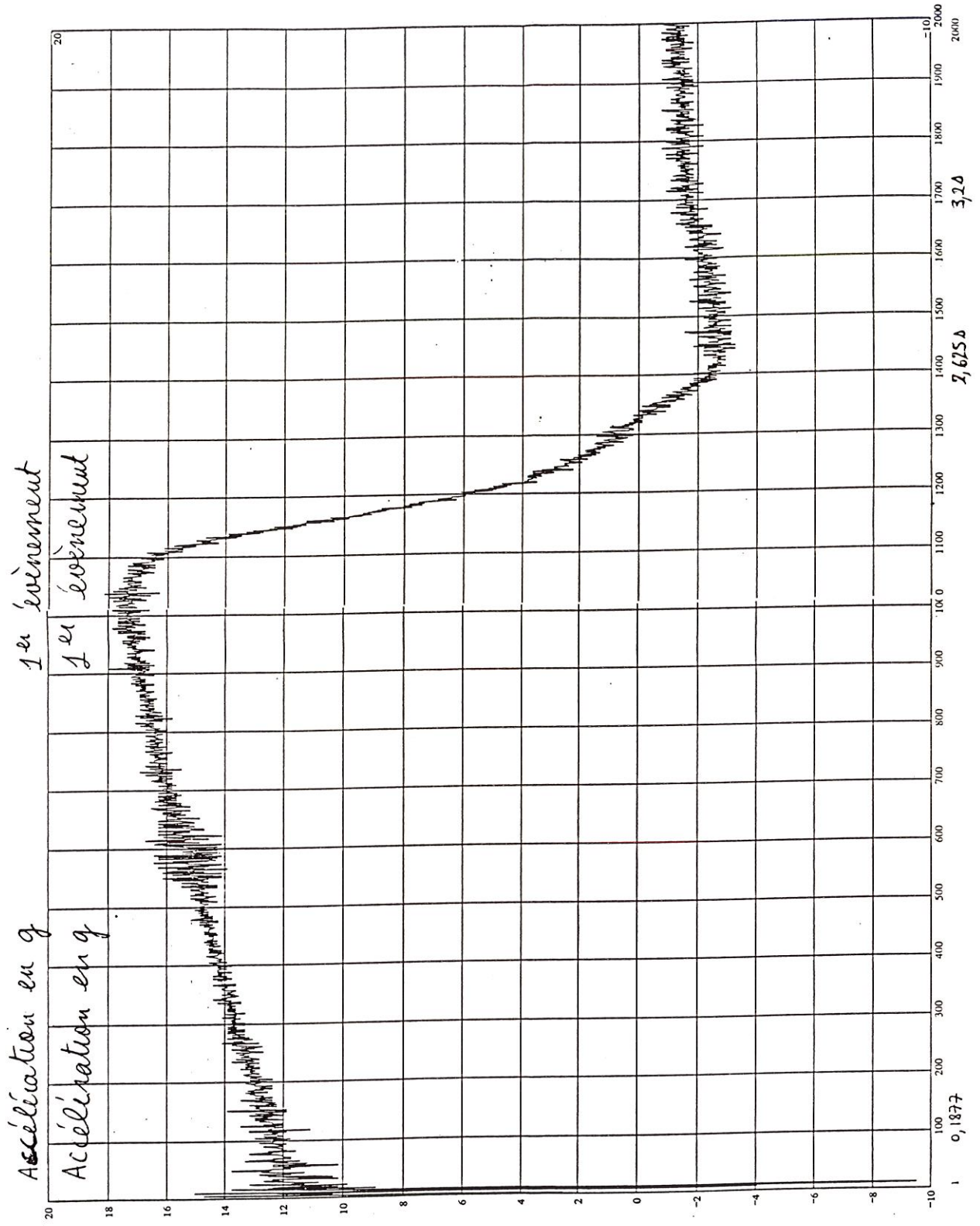
41000

SECONDES

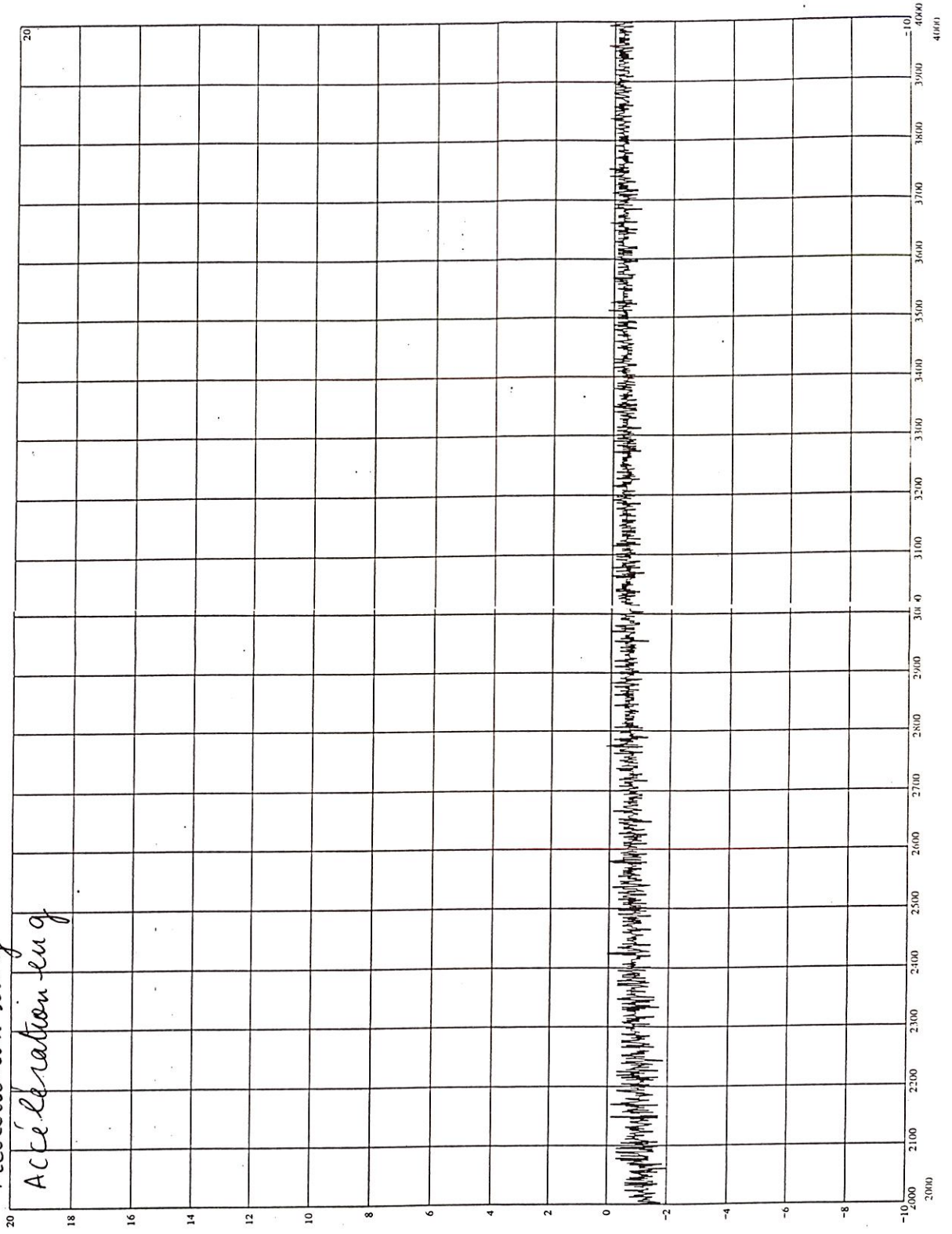


1

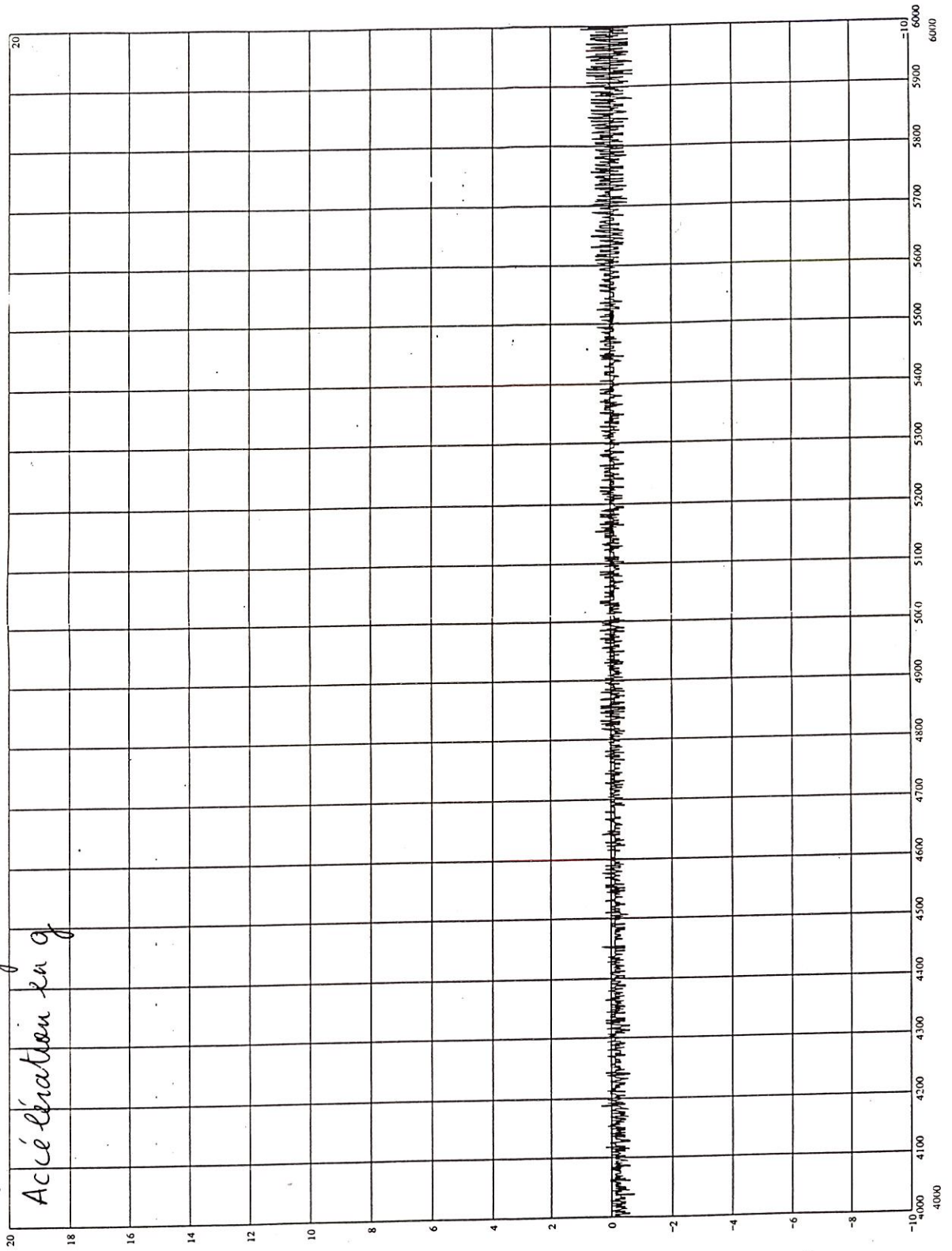
ANNEXE B



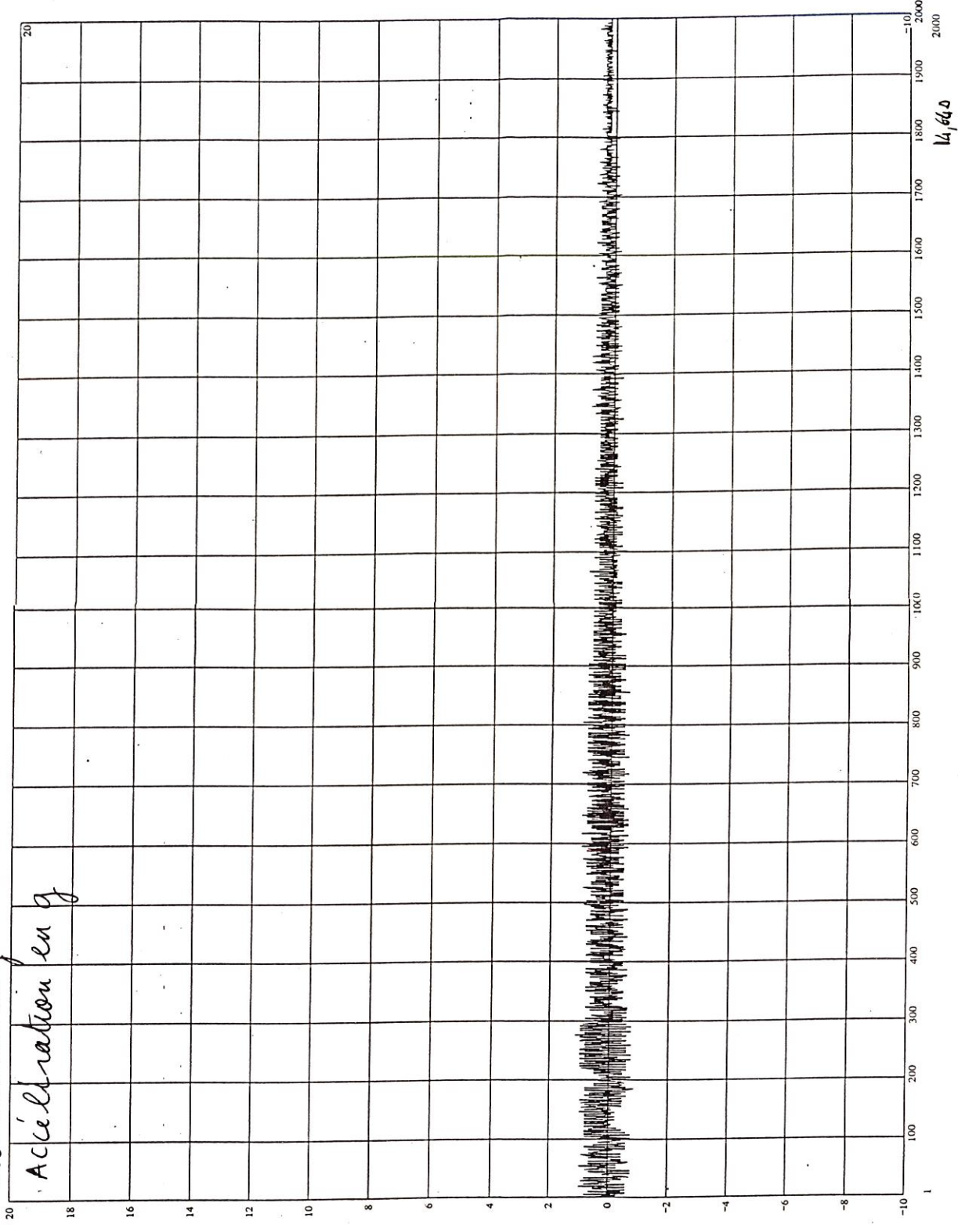
2 Accélération en g
Accélération en g



3
Accélération en g

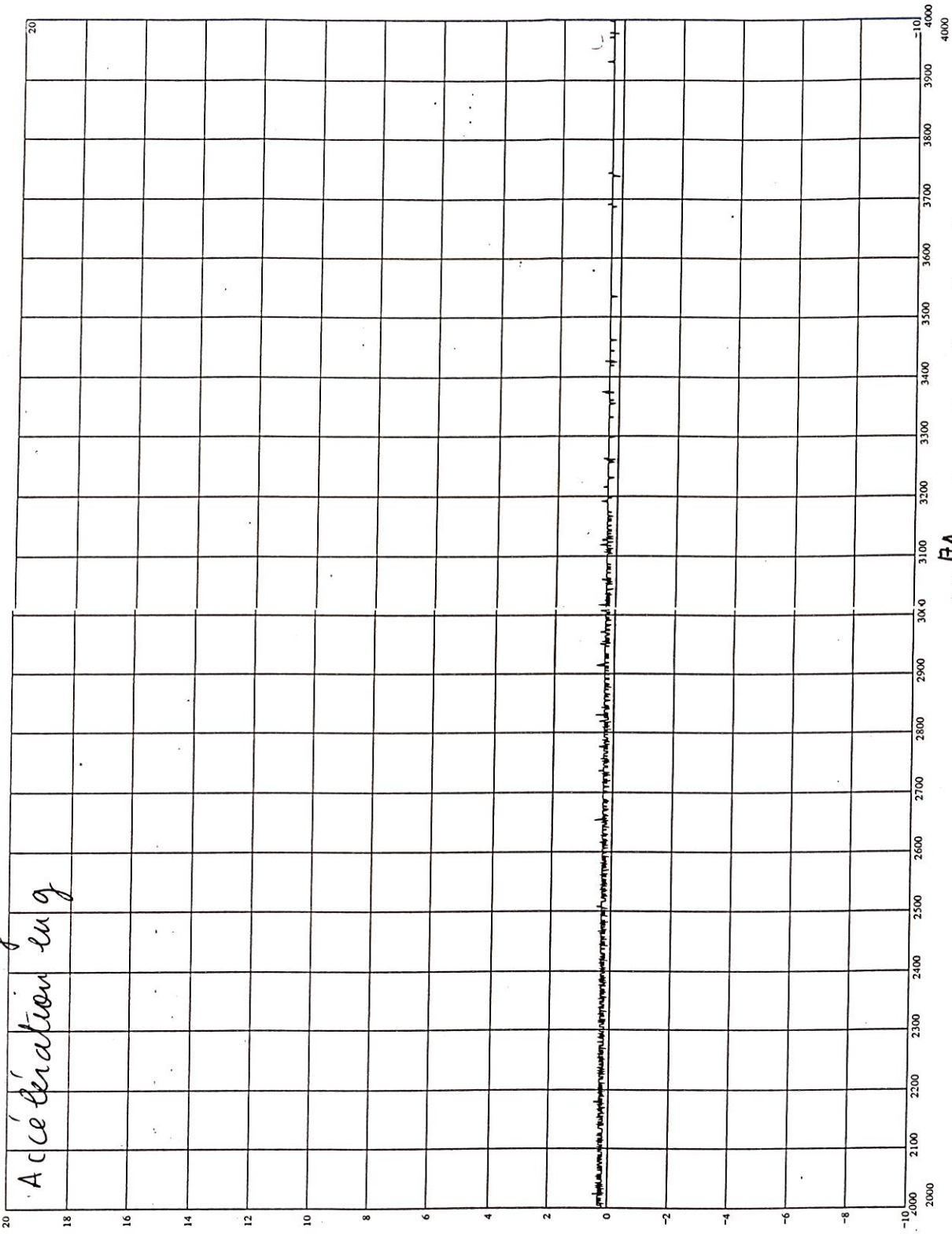


4 Accélération en g



14,64 s

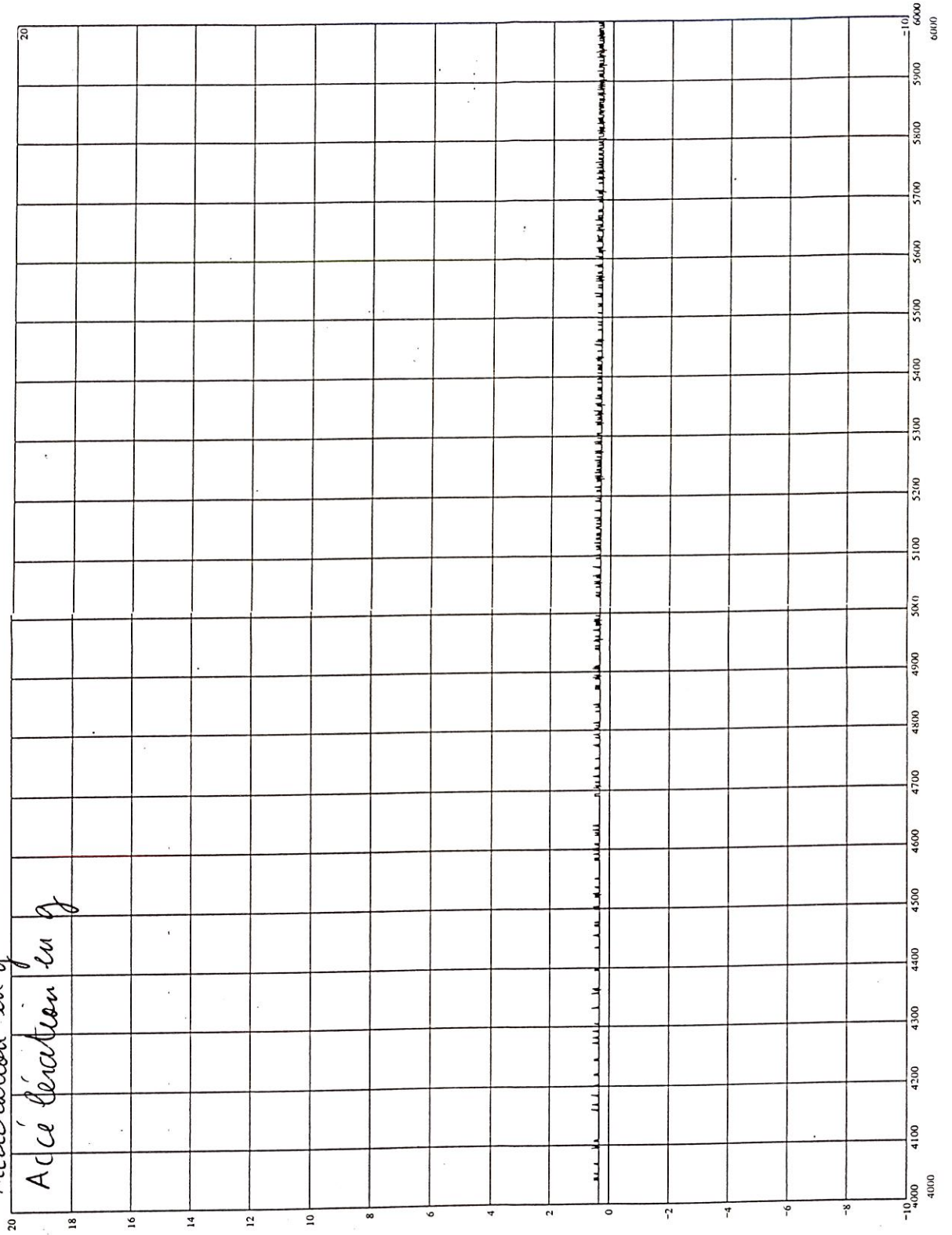
5 Accélération en g



FA (fin des vibrations mécaniques)

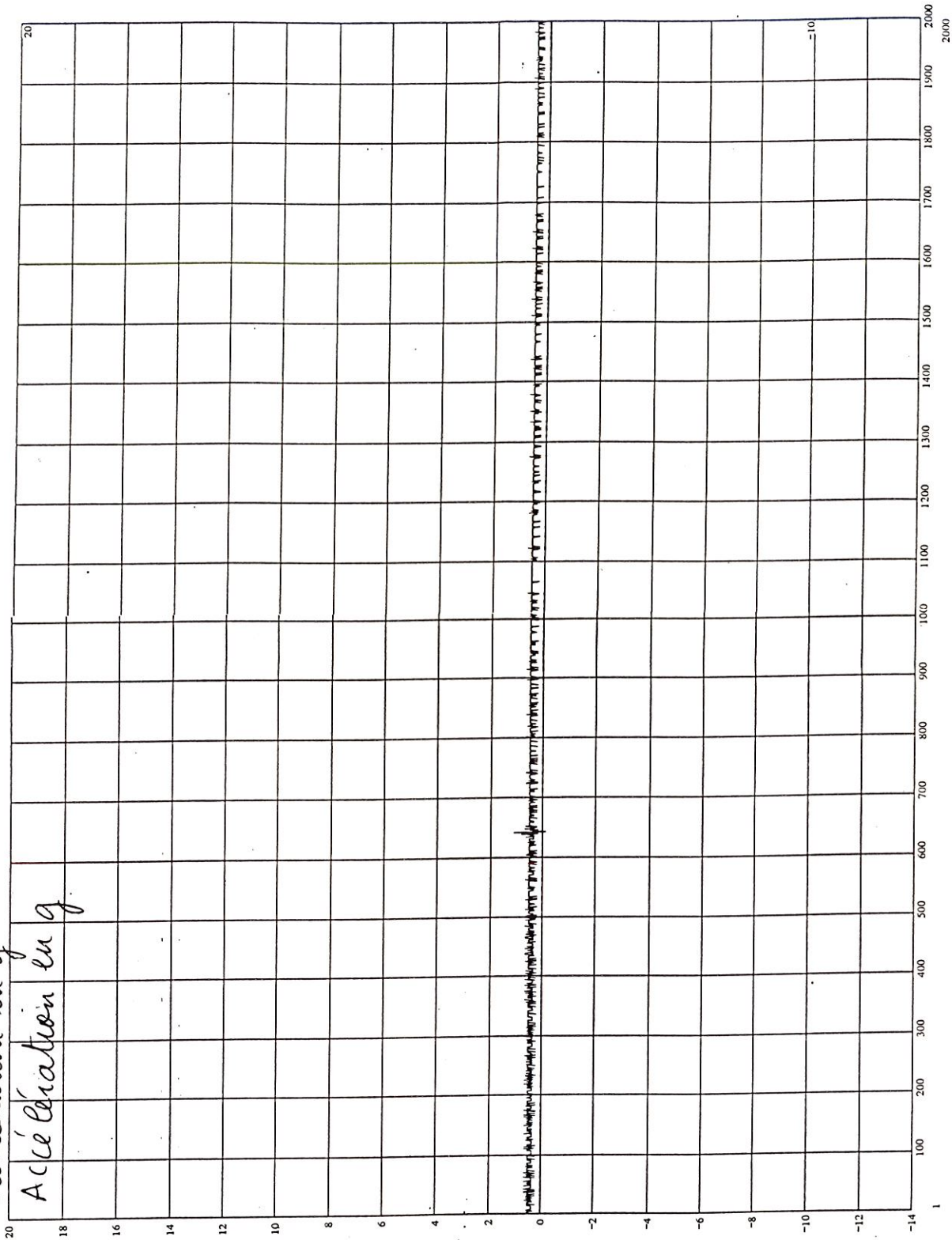
6.

Accélération en g
Accélération en g

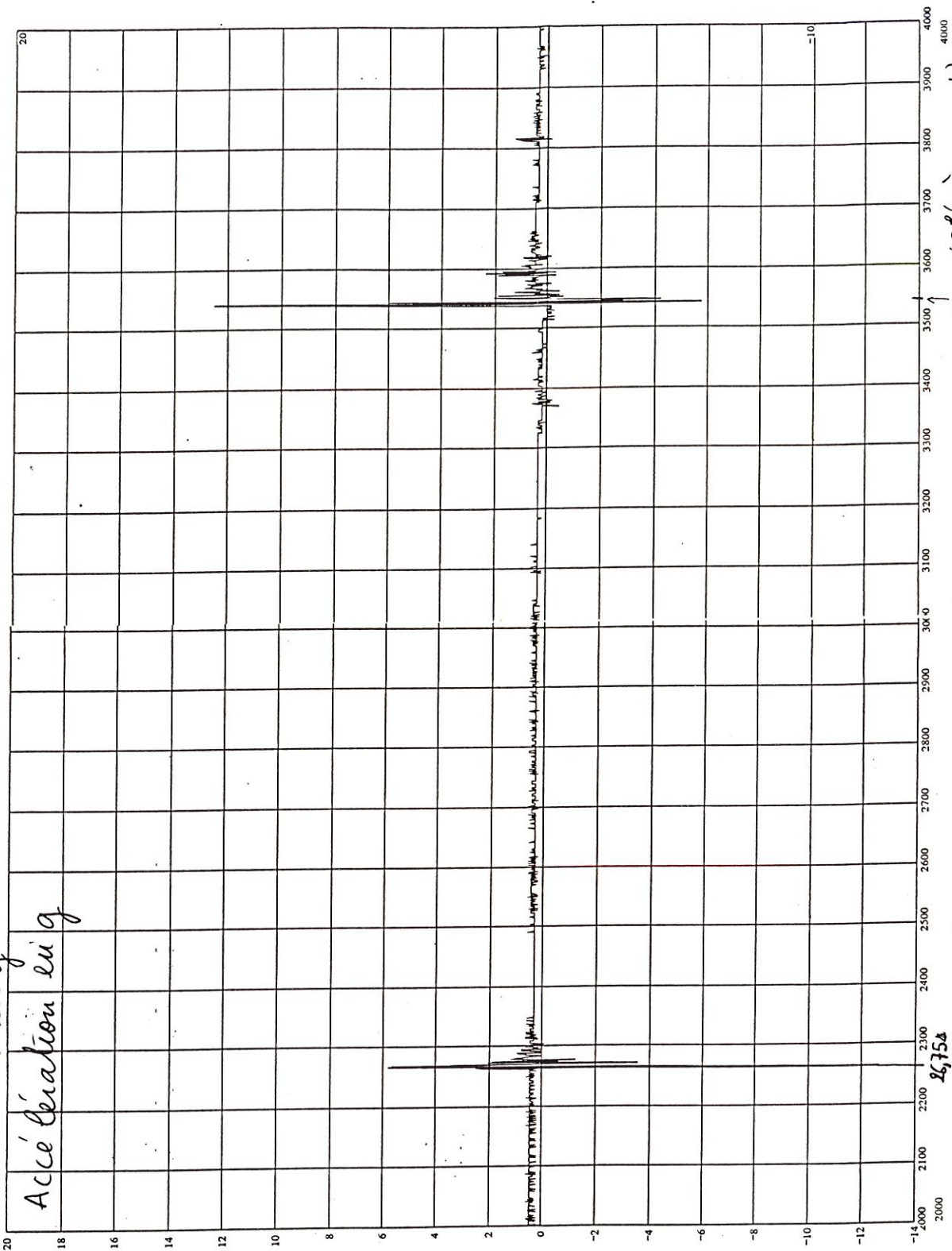


7

Accélération en g



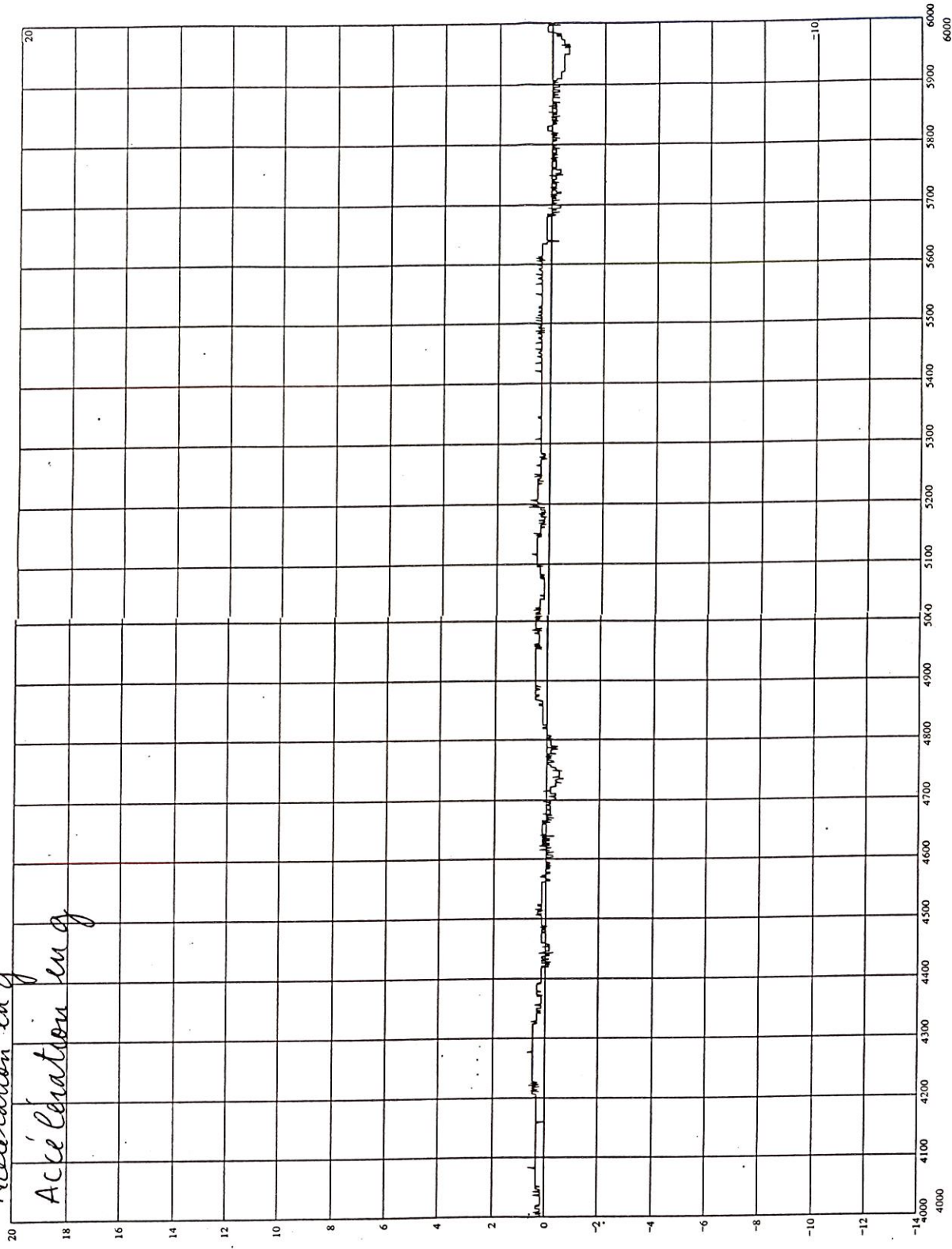
8' Accélération en g



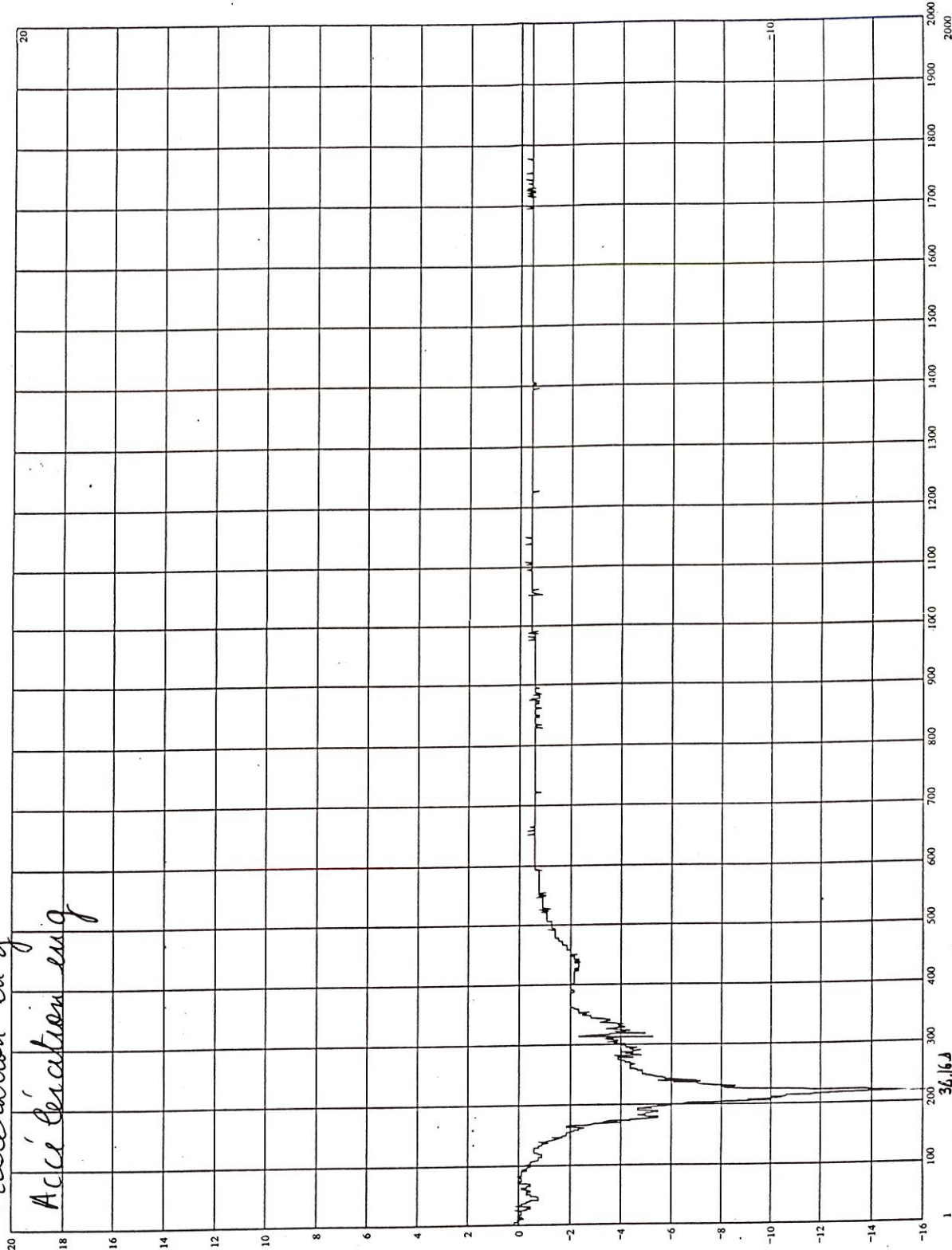
(2e événement)

29,14g (3e événement)

g: Accélération en g

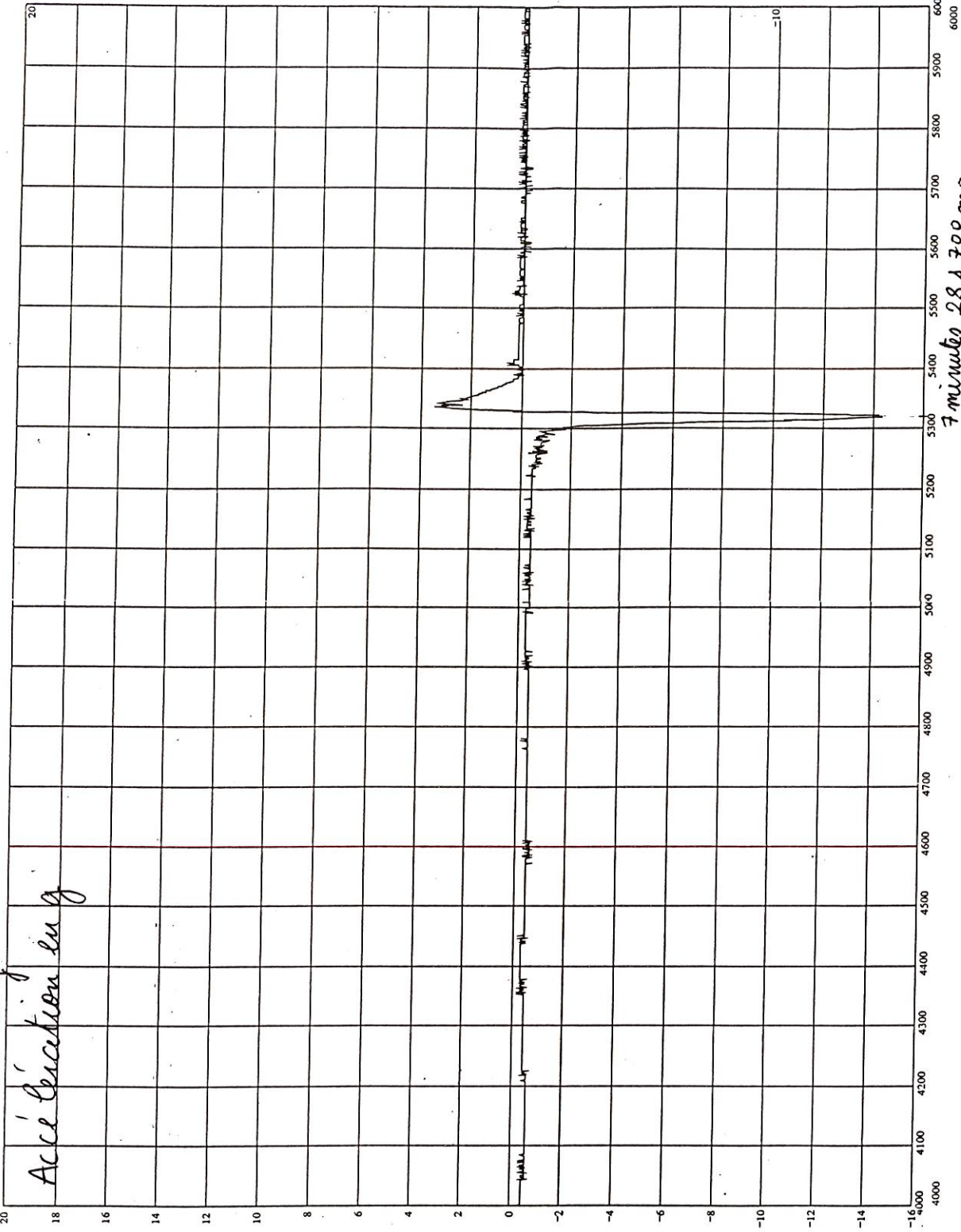


1.0 Accélération en g
Accélération en g



36,16 s
(4^e événement)

15- Accélération en g



7 minutes 28 s 700 ms
(5^e événement)

ANNEXE C

GAREF PARIS

température au niveau du cou
en °C

160

80

0

pression

en mHg

780

567

354

accélération

en g

+26

0

-20

phase de vol

MN1

MN2

FS

PHD

FA1

FA2

FA3

FA4

H0

5A

10A

15A

20A

25A

30A

éjection des 2 demi-coquilles

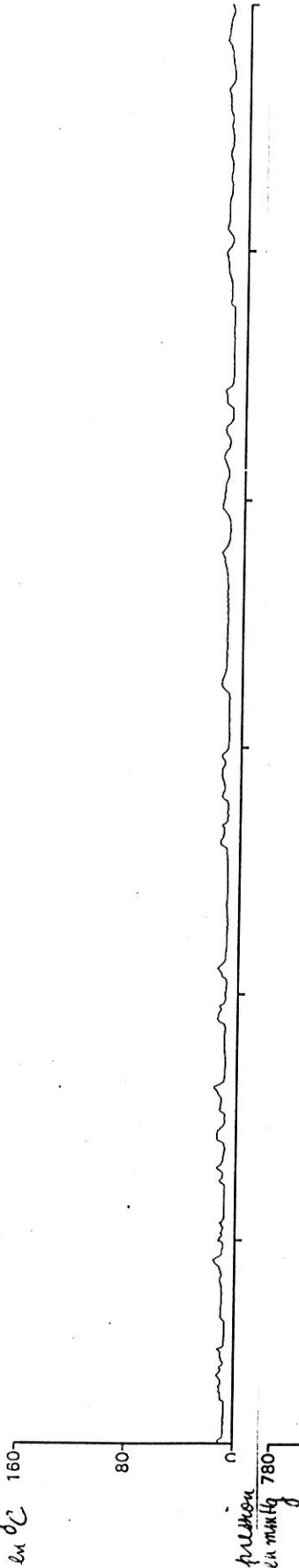
tournon du tor

2^e événement

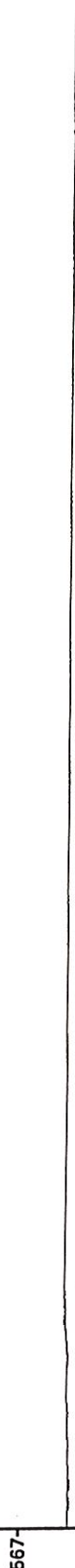
3^e événement

1^{er} événement

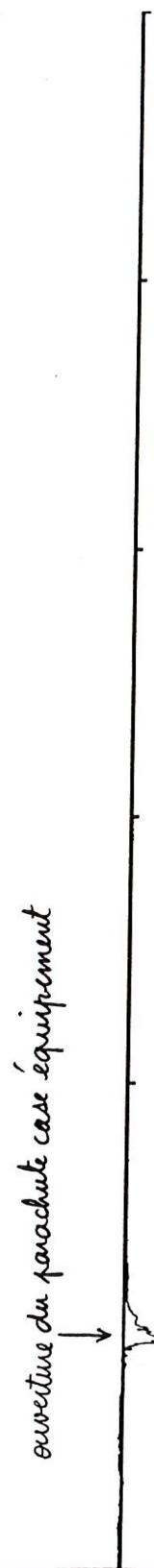
température au niveau du cône
en °C



pression
en mmHg



accélération
en g

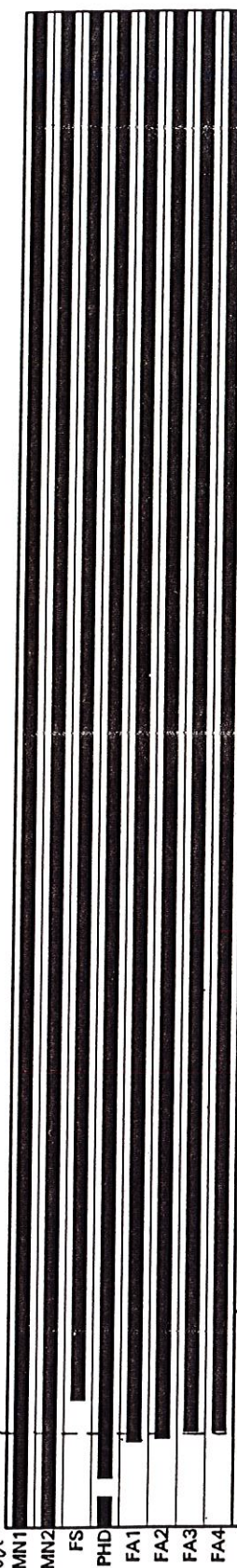


ouverture du parachute case équipement

séparation
effective

4^e événement

phases de vol



30A 35A 40A 45A 50A 55A 60A

 * GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 1 *

* DESCRIPTION DU CALCUL *

Charge utile en kg ?	12.460
Angle de tir par rapport a l'horizontale en degre ?	89.000
Longeur de la rampe en metres ?	2.0000
Altitude de la rampe en metres ?	12.000
Masse volumique de l'air au niveau de la mer en kg/m3 ?	1.1157
Vitesse du son au niveau de la mer en m/s ?	350.00 ←
Nombre d'etages (1 ou 2) ?	1

1er etage propulseur CARIBOU92

Masse de poudre 4.880 Kg

Temps de combustion 3020.0 ms

Masse totale 11.090 Kg

Masse du propulseur vide 6.210 Kg

Masse de l'engin au depart 23.550 Kg

Phase : PROPulsee,BAListique,STOP ?	PROP
Pas d'écriture en sec. ?	0.100
Ecriture des resultats, table tracante: (ex:OUI,NON) ?	OUI NON
Option de fin de phase sur variable : Temps de vol,Poussee, Trainee,Masse,Accz,Vitlong,Altitude,Accx,Vmach,Portee, Acclong,Assiette ?	
Limite de la duree de la phase debut a fin en sec ?	5.000
Larguage de masse (OUI ou NON) ?	NON
Diametre equivalent(avec ailerons) de l'etage en metre ?	0.14194

[illegible]

```

*****
* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 3 *
*****
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 1650.0 * TRAINEE (N) = 0.00000 * MASSE (KG) = 23.550 *
* 0.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= 60.249 * VITESSE.L (M/S)= 1.2052 * ALTITUDE (M) = 12.024 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 1.0517 * VITESSE.L(MACH)= 0.34438E-02 * PORTEE (M) = 0.42069E-03 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 60.259 * * ASSIETTE (DEG) = 89.000 *
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3150.0 * TRAINEE (N) = 0.34477 * MASSE (KG) = 23.388 *
* 0.100 S * ACCELER.Z(M/S2)= 124.84 * VITESSE.L (M/S)= 12.770 * ALTITUDE (M) = 12.816 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 2.1793 * VITESSE.L(MACH)= 0.36490E-01 * PORTEE (M) = 0.14251E-01 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 124.86 * * ASSIETTE (DEG) = 89.000 *
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3150.0 * TRAINEE (N) = 1.6756 * MASSE (KG) = 23.227 *
* 0.200 S * ACCELER.Z(M/S2)= 125.72 * VITESSE.L (M/S)= 25.142 * ALTITUDE (M) = 14.832 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 2.3658 * VITESSE.L(MACH)= 0.71845E-01 * PORTEE (M) = 0.49499E-01 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 125.74 * * ASSIETTE (DEG) = 88.992 *
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3260.0 * TRAINEE (N) = 4.1323 * MASSE (KG) = 23.065 *
* 0.300 S * ACCELER.Z(M/S2)= 131.33 * VITESSE.L (M/S)= 38.130 * ALTITUDE (M) = 18.122 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 2.5457 * VITESSE.L(MACH)= 0.10896 * PORTEE (M) = 0.10855 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 131.35 * * ASSIETTE (DEG) = 88.961 *
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3335.0 * TRAINEE (N) = 7.8069 * MASSE (KG) = 22.904 *
* 0.400 S * ACCELER.Z(M/S2)= 135.44 * VITESSE.L (M/S)= 51.469 * ALTITUDE (M) = 22.731 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 2.6800 * VITESSE.L(MACH)= 0.14709 * PORTEE (M) = 0.19327 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 135.46 * * ASSIETTE (DEG) = 88.939 *
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3410.0 * TRAINEE (N) = 12.858 * MASSE (KG) = 22.742 *
* 0.500 S * ACCELER.Z(M/S2)= 139.54 * VITESSE.L (M/S)= 65.319 * ALTITUDE (M) = 28.706 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 2.8037 * VITESSE.L(MACH)= 0.18668 * PORTEE (M) = 0.30510 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 139.57 * * ASSIETTE (DEG) = 88.921 *
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3510.0 * TRAINEE (N) = 19.357 * MASSE (KG) = 22.580 *
* 0.600 S * ACCELER.Z(M/S2)= 144.75 * VITESSE.L (M/S)= 79.557 * ALTITUDE (M) = 36.086 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 2.9419 * VITESSE.L(MACH)= 0.22740 * PORTEE (M) = 0.44524 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 144.78 * * ASSIETTE (DEG) = 88.907 *
* * * * *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3555.0 * TRAINEE (N) = 27.459 * MASSE (KG) = 22.419 *
* 0.700 S * ACCELER.Z(M/S2)= 147.51 * VITESSE.L (M/S)= 94.193 * ALTITUDE (M) = 44.916 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.0291 * VITESSE.L(MACH)= 0.26925 * PORTEE (M) = 0.61490 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 147.54 * * ASSIETTE (DEG) = 88.895 *
*****

```

```

*****
* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 4 *
*****
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3625.0 * TRAINEE (N) = 37.232 * MASSE (KG) = 22.257 *
* 0.800 S * ACCELER.Z(M/S2)= 151.36 * VITESSE.L (M/S)= 109.20 * ALTITUDE (M) = 55.231 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.1337 * VITESSE.L(MACH)= 0.31220 * PORTEE (M) = 0.81512 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 151.39 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.884 *
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3665.0 * TRAINEE (N) = 48.752 * MASSE (KG) = 22.096 *
* 0.900 S * ACCELER.Z(M/S2)= 153.83 * VITESSE.L (M/S)= 124.50 * ALTITUDE (M) = 67.065 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.2089 * VITESSE.L(MACH)= 0.35598 * PORTEE (M) = 1.0468 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 153.86 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.875 *
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3730.0 * TRAINEE (N) = 62.063 * MASSE (KG) = 21.934 *
* 1.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= 157.39 * VITESSE.L (M/S)= 140.07 * ALTITUDE (M) = 80.444 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.3034 * VITESSE.L(MACH)= 0.40056 * PORTEE (M) = 1.3108 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 157.42 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.867 *
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3765.0 * TRAINEE (N) = 77.299 * MASSE (KG) = 21.773 *
* 1.100 S * ACCELER.Z(M/S2)= 159.53 * VITESSE.L (M/S)= 155.93 * ALTITUDE (M) = 95.398 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.3683 * VITESSE.L(MACH)= 0.44597 * PORTEE (M) = 1.6079 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 159.57 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.859 *
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3815.0 * TRAINEE (N) = 94.465 * MASSE (KG) = 21.611 *
* 1.200 S * ACCELER.Z(M/S2)= 162.32 * VITESSE.L (M/S)= 172.02 * ALTITUDE (M) = 111.95 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.4445 * VITESSE.L(MACH)= 0.49209 * PORTEE (M) = 1.9387 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 162.36 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.852 *
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3870.0 * TRAINEE (N) = 113.72 * MASSE (KG) = 21.449 *
* 1.300 S * ACCELER.Z(M/S2)= 165.28 * VITESSE.L (M/S)= 188.41 * ALTITUDE (M) = 130.13 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.5231 * VITESSE.L(MACH)= 0.53908 * PORTEE (M) = 2.3041 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 165.32 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.846 *
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3915.0 * TRAINEE (N) = 135.16 * MASSE (KG) = 21.288 *
* 1.400 S * ACCELER.Z(M/S2)= 167.72 * VITESSE.L (M/S)= 205.09 * ALTITUDE (M) = 149.97 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.5901 * VITESSE.L(MACH)= 0.58695 * PORTEE (M) = 2.7049 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 167.76 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.840 *
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3950.0 * TRAINEE (N) = 158.76 * MASSE (KG) = 21.126 *
* 1.500 S * ACCELER.Z(M/S2)= 169.61 * VITESSE.L (M/S)= 221.99 * ALTITUDE (M) = 171.48 *
*          * ACCELER.X(M/S2)= 3.6453 * VITESSE.L(MACH)= 0.63545 * PORTEE (M) = 3.1417 *
*          * ACCELER.L(M/S2)= 169.65 *          * ASSIETTE (DEG) = 88.835 *
*****

```

```

*****
* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 5 *
*****
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3980.0 * TRAINEE (N) = 184.54 * MASSE (KG) = 20.965 *
* 1.600 S * ACCELER.Z(M/S2)= 171.20 * VITESSE.L (M/S)= 239.06 * ALTITUDE (M) = 194.70 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.6933 * VITESSE.L(MACH)= 0.68449 * PORTEE (M) = 3.6150 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 171.24 * * ASSIETTE (DEG) = 88.830 *
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 4020.0 * TRAINEE (N) = 212.51 * MASSE (KG) = 20.803 *
* 1.700 S * ACCELER.Z(M/S2)= 173.18 * VITESSE.L (M/S)= 256.30 * ALTITUDE (M) = 219.63 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.7487 * VITESSE.L(MACH)= 0.73406 * PORTEE (M) = 4.1254 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 173.22 * * ASSIETTE (DEG) = 88.826 *
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 4040.0 * TRAINEE (N) = 248.45 * MASSE (KG) = 20.641 *
* 1.800 S * ACCELER.Z(M/S2)= 173.84 * VITESSE.L (M/S)= 273.66 * ALTITUDE (M) = 246.30 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.7762 * VITESSE.L(MACH)= 0.78402 * PORTEE (M) = 4.6733 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 173.88 * * ASSIETTE (DEG) = 88.821 *
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 4095.0 * TRAINEE (N) = 295.19 * MASSE (KG) = 20.480 *
* 1.900 S * ACCELER.Z(M/S2)= 175.69 * VITESSE.L (M/S)= 291.17 * ALTITUDE (M) = 274.71 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.8277 * VITESSE.L(MACH)= 0.83446 * PORTEE (M) = 5.2591 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 175.74 * * ASSIETTE (DEG) = 88.817 *
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 4130.0 * TRAINEE (N) = 350.77 * MASSE (KG) = 20.318 *
* 2.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= 176.16 * VITESSE.L (M/S)= 308.80 * ALTITUDE (M) = 304.88 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.8498 * VITESSE.L(MACH)= 0.88529 * PORTEE (M) = 5.8833 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 176.20 * * ASSIETTE (DEG) = 88.813 *
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 4140.0 * TRAINEE (N) = 415.90 * MASSE (KG) = 20.157 *
* 2.100 S * ACCELER.Z(M/S2)= 174.91 * VITESSE.L (M/S)= 326.33 * ALTITUDE (M) = 336.80 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.8360 * VITESSE.L(MACH)= 0.93587 * PORTEE (M) = 6.5459 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 174.95 * * ASSIETTE (DEG) = 88.810 *
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 4065.0 * TRAINEE (N) = 584.72 * MASSE (KG) = 19.995 *
* 2.200 S * ACCELER.Z(M/S2)= 164.21 * VITESSE.L (M/S)= 343.38 * ALTITUDE (M) = 370.46 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 3.6245 * VITESSE.L(MACH)= 0.98514 * PORTEE (M) = 7.2466 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 164.25 * * ASSIETTE (DEG) = 88.806 *
*
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 3375.0 * TRAINEE (N) = 739.69 * MASSE (KG) = 19.833 *
* 2.300 S * ACCELER.Z(M/S2)= 123.04 * VITESSE.L (M/S)= 357.64 * ALTITUDE (M) = 405.68 *
* * ACCELER.X(M/S2)= 2.7746 * VITESSE.L(MACH)= 1.0265 * PORTEE (M) = 7.9818 *
* * ACCELER.L(M/S2)= 123.07 * * ASSIETTE (DEG) = 88.803 *
*****

```

 * GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 6 *

* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 2250.0	* TRAINEE (N) = 762.49	* MASSE (KG) = 19.672
* 2.400 S * ACCELER.Z(M/S2)= 65.794	* VITESSE.L (M/S)= 366.39	* ALTITUDE (M) = 442.01
* * ACCELER.X(M/S2)= 1.5833	* VITESSE.L(MACH)= 1.0520	* PORTEE (M) = 8.7423
* * ACCELER.L(M/S2)= 65.813		* ASSIETTE (DEG) = 88.800
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 1260.0	* TRAINEE (N) = 767.52	* MASSE (KG) = 19.510
* 2.500 S * ACCELER.Z(M/S2)= 15.431	* VITESSE.L (M/S)= 369.49	* ALTITUDE (M) = 478.86
* * ACCELER.X(M/S2)= 0.52994	* VITESSE.L(MACH)= 1.0613	* PORTEE (M) = 9.5157
* * ACCELER.L(M/S2)= 15.439		* ASSIETTE (DEG) = 88.796
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 855.00	* TRAINEE (N) = 765.54	* MASSE (KG) = 19.349
* 2.600 S * ACCELER.Z(M/S2)= -5.1828	* VITESSE.L (M/S)= 369.69	* ALTITUDE (M) = 515.83
* * ACCELER.X(M/S2)= 0.97321E-01	* VITESSE.L(MACH)= 1.0624	* PORTEE (M) = 10.294
* * ACCELER.L(M/S2)= -5.1796		* ASSIETTE (DEG) = 88.793
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 540.00	* TRAINEE (N) = 760.16	* MASSE (KG) = 19.187
* 2.700 S * ACCELER.Z(M/S2)= -21.277	* VITESSE.L (M/S)= 368.11	* ALTITUDE (M) = 552.71
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.24217	* VITESSE.L(MACH)= 1.0583	* PORTEE (M) = 11.072
* * ACCELER.L(M/S2)= -21.277		* ASSIETTE (DEG) = 88.790
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 150.00	* TRAINEE (N) = 751.61	* MASSE (KG) = 19.025
* 2.800 S * ACCELER.Z(M/S2)= -41.419	* VITESSE.L (M/S)= 364.75	* ALTITUDE (M) = 589.33
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.66918	* VITESSE.L(MACH)= 1.0490	* PORTEE (M) = 11.846
* * ACCELER.L(M/S2)= -41.424		* ASSIETTE (DEG) = 88.787
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 50.000	* TRAINEE (N) = 738.00	* MASSE (KG) = 18.864
* 2.900 S * ACCELER.Z(M/S2)= -46.268	* VITESSE.L (M/S)= 360.26	* ALTITUDE (M) = 625.53
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.77392	* VITESSE.L(MACH)= 1.0366	* PORTEE (M) = 12.614
* * ACCELER.L(M/S2)= -46.274		* ASSIETTE (DEG) = 88.783
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 0.00000	* TRAINEE (N) = 723.25	* MASSE (KG) = 18.702
* 3.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -48.468	* VITESSE.L (M/S)= 355.50	* ALTITUDE (M) = 661.26
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.82285	* VITESSE.L(MACH)= 1.0233	* PORTEE (M) = 13.374
* * ACCELER.L(M/S2)= -48.474		* ASSIETTE (DEG) = 88.780

FIN DU TEMPS DE PROPULSION DE L'ETAGE 1 *****

* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 0.00000	* TRAINEE (N) = 723.25	* MASSE (KG) = 18.702
* 3.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -48.468	* VITESSE.L (M/S)= 355.50	* ALTITUDE (M) = 661.26
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.82285	* VITESSE.L(MACH)= 1.0233	* PORTEE (M) = 13.374
* * ACCELER.L(M/S2)= -48.474		* ASSIETTE (DEG) = 88.780

```

Phase : PROPulsee,BAListique,STOP ?                                BALI
Pas d'écriture en sec. ?                                           1,000
Ecriture des resultats, table tracante: (ex:OUI,NON) ?           OUI NON
Option de fin de phase sur variable : Temps de vol,Poussee,
Trainee,Masse,Accz,Vitlons,Altitude,Accx,Vmach,Portee,
Acclons,Assiette ?                                                ALTI
Mode : superieur a, inferieur a, maximum, minimum ?             MAX
Limite de la duree de la phase debut a fin en sec ?              50.000
Language de masse (OUI ou NON) ?                                   NON
Diametre equivalent(avec ailerons) de l'etase en metre ?        0.14194

```

[illegible]

```

*****
* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 8 *
*****
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 783.03  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 3.020 S * ACCELER.Z(M/S2)= -51.663  * VITESSE.L (M/S)= 354.46  * ALTITUDE (M)  = 668.35  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.89135  * VITESSE.L(MACH)= 1.0204  * PORTEE (M)    = 13.525  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -51.670  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.779  *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 373.65  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 4.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -29.778  * VITESSE.L (M/S)= 316.93  * ALTITUDE (M)  = 994.83  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.43776  * VITESSE.L(MACH)= 0.91579  * PORTEE (M)    = 20.581  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -29.780  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.744  *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 277.07  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 5.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -24.614  * VITESSE.L (M/S)= 289.98  * ALTITUDE (M)  = 1297.5  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.33527  * VITESSE.L(MACH)= 0.84085  * PORTEE (M)    = 27.327  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -24.615  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.702  *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 214.86  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 6.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -21.287  * VITESSE.L (M/S)= 267.15  * ALTITUDE (M)  = 1575.5  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.26931  * VITESSE.L(MACH)= 0.77720  * PORTEE (M)    = 33.735  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -21.288  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.656  *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 173.76  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 7.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -19.089  * VITESSE.L (M/S)= 247.10  * ALTITUDE (M)  = 1832.2  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.22626  * VITESSE.L(MACH)= 0.72102  * PORTEE (M)    = 39.874  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -19.089  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.603  *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 145.09  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 8.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -17.556  * VITESSE.L (M/S)= 228.82  * ALTITUDE (M)  = 2069.7  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.19686  * VITESSE.L(MACH)= 0.66955  * PORTEE (M)    = 45.786  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -17.555  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.545  *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 121.42  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 9.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -16.290  * VITESSE.L (M/S)= 211.93  * ALTITUDE (M)  = 2289.8  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.17224  * VITESSE.L(MACH)= 0.62175  * PORTEE (M)    = 51.502  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -16.289  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.478  *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000  * TRAINEE (N)   = 101.70  * MASSE (KG)    = 18.702  *
* 10.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -15.235  * VITESSE.L (M/S)= 196.20  * ALTITUDE (M)  = 2493.5  *
*      * ACCELER.X(M/S2)= -0.15135  * VITESSE.L(MACH)= 0.57738  * PORTEE (M)    = 57.045  *
*      * ACCELER.L(M/S2)= -15.233  *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.403  *
*****

```

```

*****
* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 9 *
*****
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 85.122   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 11.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -14.348   * VITESSE,L (M/S)= 181.43  * ALTITUDE (M)  = 2682.0   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.13342   * VITESSE,L(MACH)= 0.53477 * PORTEE (M)    = 62.437   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -14.346   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.318   *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 71.104   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 12.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -13.598   * VITESSE,L (M/S)= 167.48  * ALTITUDE (M)  = 2856.2   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.11788   * VITESSE,L(MACH)= 0.49468 * PORTEE (M)    = 67.696   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -13.595   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.221   *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 59.191   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 13.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -12.961   * VITESSE,L (M/S)= 154.21  * ALTITUDE (M)  = 3016.8   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.10429   * VITESSE,L(MACH)= 0.45639 * PORTEE (M)    = 72.838   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -12.957   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 88.109   *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 49.020   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 14.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -12.416   * VITESSE,L (M/S)= 141.54  * ALTITUDE (M)  = 3164.4   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.92277E-01 * VITESSE,L(MACH)= 0.41964 * PORTEE (M)    = 77.875   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -12.412   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 87.980   *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 40.316   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 15.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -11.951   * VITESSE,L (M/S)= 129.37  * ALTITUDE (M)  = 3299.6   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.81577E-01 * VITESSE,L(MACH)= 0.38420 * PORTEE (M)    = 82.820   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -11.945   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 87.828   *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 32.858   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 16.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -11.552   * VITESSE,L (M/S)= 117.64  * ALTITUDE (M)  = 3422.9   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.71965E-01 * VITESSE,L(MACH)= 0.34987 * PORTEE (M)    = 87.683   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -11.545   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 87.648   *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 26.466   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 17.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -11.209   * VITESSE,L (M/S)= 106.27  * ALTITUDE (M)  = 3534.6   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.63256E-01 * VITESSE,L(MACH)= 0.31650 * PORTEE (M)    = 92.475   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -11.201   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 87.433   *
*      *      *      *      *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 20.999   * MASSE (KG)    = 18.702   *
* 18.000 S * ACCELER,Z(M/S2)= -10.917   * VITESSE,L (M/S)= 95.227  * ALTITUDE (M)  = 3635.1   *
*      * ACCELER,X(M/S2)= -0.55304E-01 * VITESSE,L(MACH)= 0.28395 * PORTEE (M)    = 97.203   *
*      * ACCELER,L(M/S2)= -10.906   *      *      * ASSIETTE (DEG) = 87.171   *
*****

```

```

*****
* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 10 *
*****
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 16.341   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 19.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -10.668   * VITESSE.L (M/S)= 84.452   * ALTITUDE (M) = 3724.7   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.47984E-01 * VITESSE.L(MACH)= 0.25210 * PORTEE (M)   = 101.88   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -10.654   *          * ASSIETTE (DEG) = 86.845   *
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 12.400   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 20.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -10.457   * VITESSE.L (M/S)= 73.911   * ALTITUDE (M) = 3803.6   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.41191E-01 * VITESSE.L(MACH)= 0.22085 * PORTEE (M)   = 106.50   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -10.439   *          * ASSIETTE (DEG) = 86.429   *
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 9.0983   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 21.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -10.280   * VITESSE.L (M/S)= 63.568   * ALTITUDE (M) = 3872.1   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.34838E-01 * VITESSE.L(MACH)= 0.19011 * PORTEE (M)   = 111.09   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -10.256   *          * ASSIETTE (DEG) = 85.881   *
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 6.3765   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 22.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -10.134   * VITESSE.L (M/S)= 53.393   * ALTITUDE (M) = 3930.3   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.28849E-01 * VITESSE.L(MACH)= 0.15979 * PORTEE (M)   = 115.64   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -10.100   *          * ASSIETTE (DEG) = 85.128   *
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 4.1844   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 23.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -10.017   * VITESSE.L (M/S)= 43.363   * ALTITUDE (M) = 3978.3   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.23158E-01 * VITESSE.L(MACH)= 0.12985 * PORTEE (M)   = 120.16   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -9.9655   *          * ASSIETTE (DEG) = 84.032   *
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 2.4841   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 24.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -9.9259   * VITESSE.L (M/S)= 33.462   * ALTITUDE (M) = 4016.3   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.17712E-01 * VITESSE.L(MACH)= 0.10025 * PORTEE (M)   = 124.65   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -9.8396   *          * ASSIETTE (DEG) = 82.292   *
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 1.2456   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 25.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -9.8596   * VITESSE.L (M/S)= 23.694   * ALTITUDE (M) = 4044.5   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.12471E-01 * VITESSE.L(MACH)= 0.71012E-01 * PORTEE (M)   = 129.13   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -9.6875   *          * ASSIETTE (DEG) = 79.119   *
*          *          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 0.44714   * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 26.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -9.8168   * VITESSE.L (M/S)= 14.151   * ALTITUDE (M) = 4062.7   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.74402E-02 * VITESSE.L(MACH)= 0.42421E-01 * PORTEE (M)   = 133.60   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -9.3317   *          * ASSIETTE (DEG) = 71.622   *
*****

```

```

*****
* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 11 *
*****
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 0.74030E-01 * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 27.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -9.7967   * VITESSE.L (M/S)= 5.7130   * ALTITUDE (M) = 4071.1   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.30040E-02 * VITESSE.L(MACH)= 0.17128E-01 * PORTEE (M)   = 138.06   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -6.3818   *          * ASSIETTE (DEG) = 39.150   *
*****
FIN DE PHASE SUR LE PREMIER MAXIMUM DE ALTI
*          *          *          *          *
* TEMPS VOL* POUSSEE (N)   = 0.00000   * TRAINEE (N)   = 0.41307E-01 * MASSE (KG)   = 18.702   *
* 27.380 S * ACCELER.Z(M/S2)= -9.7941   * VITESSE.L (M/S)= 4.3590   * ALTITUDE (M) = 4071.8   *
*          * ACCELER.X(M/S2)= -0.22081E-02 * VITESSE.L(MACH)= 0.13068E-01 * PORTEE (M)   = 139.76   *
*          * ACCELER.L(M/S2)= -0.22890   *          * ASSIETTE (DEG) = -1.1913   *
*****

```

SEPARATION à 27,00 Sec

Puis descente sans parachute à 9,5 m/s

CHARGEMENT DU TABLEAU DE TRAINEE 12

[illegible]

 * GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 13 *

* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 0.00000	* TRAINEE (N) = 0.41220E-01	* MASSE (KG) = 18.702
* 27.400 S * ACCELER.Z(M/S2)= -9.7940	* VITESSE.L (M/S)= 4.3630	* ALTITUDE (M) = 4071.8
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.22035E-02	* VITESSE.L(MACH)= 0.13080E-01	* PORTEE (M) = 139.84
* * ACCELER.L(M/S2)= 0.20142		* ASSIETTE (DEG) = -3.7043
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 0.00000	* TRAINEE (N) = 1.4407	* MASSE (KG) = 18.702
* 30.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -9.7183	* VITESSE.L (M/S)= 25.872	* ALTITUDE (M) = 4037.7
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.13216E-01	* VITESSE.L(MACH)= 0.77532E-01	* PORTEE (M) = 151.42
* * ACCELER.L(M/S2)= 9.5719		* ASSIETTE (DEG) = -80.195
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 0.00000	* TRAINEE (N) = 32.202	* MASSE (KG) = 18.702
* 40.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -8.0757	* VITESSE.L (M/S)= 116.23	* ALTITUDE (M) = 3312.8
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.60200E-01	* VITESSE.L(MACH)= 0.34524	* PORTEE (M) = 194.32
* * ACCELER.L(M/S2)= 8.0686		* ASSIETTE (DEG) = -88.000
* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 0.00000	* TRAINEE (N) = 92.750	* MASSE (KG) = 18.702
* 50.000 S * ACCELER.Z(M/S2)= -4.8427	* VITESSE.L (M/S)= 181.56	* ALTITUDE (M) = 1794.6
* * ACCELER.X(M/S2)= -0.89926E-01	* VITESSE.L(MACH)= 0.52959	* PORTEE (M) = 231.34
* * ACCELER.L(M/S2)= 4.8402		* ASSIETTE (DEG) = -88.962

FIN DE PHASE SUR OPTION DE ALTI = 0.00000 M

* TEMPS VOL* POUSSEE (N) = 0.00000	* TRAINEE (N) = 150.13	* MASSE (KG) = 18.702
* 59.040 S * ACCELER.Z(M/S2)= -1.7787	* VITESSE.L (M/S)= 211.04	* ALTITUDE (M) = -2.8087
* * ACCELER.X(M/S2)= 0.20670E-01	* VITESSE.L(MACH)= 0.60298	* PORTEE (M) = 257.30
* * ACCELER.L(M/S2)= 1.7788		* ASSIETTE (DEG) = -89.334

* GAREF PARIS * 21- 7-92 * CALCUL DE TRAJECTOIRE EURYDICE II LANCEMENT 13-07-92 KOUROU * PAGE 14 *

Phase : PROPulsee,BAListique,STOP ?

STOP

