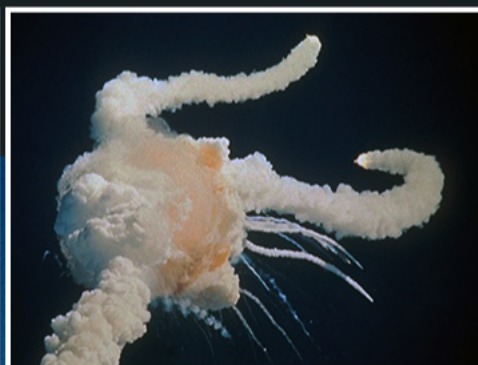


Challenger

L'histoire de la mission 51-L



Par
Philippe Volvert



DESTINATION ORBITE

Challenger

L'histoire de la mission 51-L

Par

Philippe Volvert

SOMMAIRE

PREFACE	7
I. PRESENTATION - L'EQUIPAGE	8
Francis R. « Dick » Scobee (Commandant de bord)	10
Michael J. Smith (Pilote)	10
Ellison S. Onizuka (Spécialiste de mission 1)	11
Judith A. Resnik (Spécialiste de mission 2)	11
Ronald E. McNair (Spécialiste de mission 3)	12
S. Christa McAuliffe (Spécialiste de la charge utile 1)	12
Gregory B. Jarvis (Spécialiste de la charge utile 2)	13
II. PRESENTATION - LA NAVETTE CHALLENGER	14
L'histoire de la navette Challenger	16
La construction de la navette Challenger	17
Les missions de la navette Challenger	17
III. LA MISSION - PRESENTATION GENERALE	22
L'écusson de la mission 51-L	24
La charge utile de la mission 51-L	25
Le programme de vol de la mission 51-L	26
IV. LA MISSION - LA PREPARATION	28
Planification de la mission 51-L	30
L'entraînement de l'équipage	31
Processing de la mission 51-L	34
V. LA MISSION - LE LANCEMENT	38
La NASA face aux aléas techniques et météorologiques	40
« Go for launch »	42
VI. L'ENQUETE - LES PREMIERS INDICES	58
Le choc et les premières interrogations	60
VII. L'ENQUETE - LA COMMISSION ROGERS	62
Après les hommages, l'enquête	64
Les boosters, le Talon d'Achille de la navette	66
Les sessions des auditions de la Commission Rogers	82
Le cas Richard P. Feynman	84
L'après Challenger	85

VIII. LES BOOSTERS - UN PROBLEME DE CONCEPTION	88
Les Solid Rocket Boosters	90
IX. LES ANNEXES - EN COMPLEMENT	98
Annexe 1 - L'équipage	100
Annexe 2 - Les débris	104
Annexe 3 - La timeline	110
Annexe 4 - Le mémo du 31 juillet 1985	130
Annexe 5 - La météo de janvier 1986	132
Annexe 6 - Les discours présidentiels	134
Les sources	140

PREFACE

« Challenger – L’histoire de la mission 51-L » ne se veut pas un énième rapport technique sur les causes d’une catastrophe. Ce travail adopte un angle différent : celui de la narration et du facteur humain.

À travers les pages de cette monographie, vous plongerez dans les coulisses de la mission, depuis son inscription au manifeste des vols jusqu’au décollage. Vous ferez connaissance avec l’équipage, découvrirez les spécificités de l’orbiter et les objectifs scientifiques qui devaient marquer cette 25^{ème} mission du programme.

Grâce à un fil conducteur chronologique, vous suivrez les semaines d’entraînement intensif des astronautes et les multiples contretemps qui ont conduit aux reports successifs. Vous revivrez les tensions entre la NASA et les sous-traitants dans la soirée du 27 janvier 1986, où la décision de lancer la navette s’est jouée dans une confrontation acharnée entre ingénieurs et décideurs.

Pourquoi le vol s’est-il terminé par une désintégration en plein ciel ? Aurait-on pu empêcher ce drame ? Telles sont les interrogations au cœur de la Commission Rogers. Jour après jour, vous suivrez l’enquête qui a mis à nu les défaillances mécaniques et surtout les dysfonctionnements hiérarchiques de la NASA.

Le retour en vol des navettes ne fut possible qu’au prix d’une refonte profonde du programme « Space Shuttle ». Pour compléter ce récit, les annexes abordent des sujets cruciaux : le sort de l’équipage, la récupération des débris, ainsi qu’une chronologie détaillée des derniers instants de Challenger.

Une fois cette lecture achevée, vous disposerez d’une vision complète et intime de la mission 51-L, hommage à ceux qui ont repoussé les frontières de l’exploration spatiale il y a tout juste 40 ans.



RON MCNAIR

JUDITH RESNIK

MIKE SMITH

ELSON ONIZUKA

DICK

SCOTT

EL ONIZUKA

MIKE SMITH

JUDITH A. RESNIK

SCOTT

SCOTT

DICK

RON MCNAIR

JUDITH RESNIK

I. PRESENTATION

L'EQUIPAGE

Photo officielle de l'équipage de la mission 51-L Challenger.

En haut de gauche à droite: Onizuka, McAuliffe, Jarvis et Resnik. En bas de gauche à droite: Smith, Scobee et McNair.



Francis R. « Dick » Scobee (Commandant de bord)

Né le 19 mai 1939 à Cle Elum (Washington), Francis R. Scobee était lieutenant-colonel retraité de l'US Air Force. Il était marié et père de deux enfants.

Formation et carrière militaire

Diplômé en 1957 de l'Auburn Senior High School (Washington), il obtient un diplôme en ingénierie aérospatiale à l'Université de l'Arizona en 1965. Il rejoint l'US Air Force en 1957 comme mécanicien avant d'être sélectionné pour un programme d'officier. Pilote de chasse et de test, il cumule plus de 6 500 heures de vol sur 45 types d'aéronefs.

Carrière à la NASA

Sélectionné comme astronaute en 1978, il devient pilote de la navette spatiale. En avril 1984, il occupe le poste de pilote de la mission 41-C à bord de Challenger, totalisant 6 jours 23 heures 40 dans l'espace.

Distinctions

Il a reçu plusieurs distinctions, dont la Distinguished Flying Cross de l'US Air Force, la NASA Exceptional Service Medal et, à titre posthume, la Congressional Space Medal of Honor.



Michael J. Smith (Pilote)

Né le 30 avril 1945 à Beaufort (Caroline du Nord), Michael J. Smith était capitaine de l'US Navy. Il était marié et père de trois enfants.

Formation et carrière militaire

Diplômé de la Beaufort High School en 1963, il obtient un diplôme en sciences navales de l'Académie navale des États-Unis en 1967, suivi d'un master en ingénierie aéronautique en 1968. Aviateur de l'US Navy dès 1969, il devient instructeur avant d'être affecté aux opérations au Vietnam à bord de l'USS Kitty Hawk. Il cumule 4 867 heures de vol sur 28 types d'aéronefs.

Carrière à la NASA

Sélectionné comme astronaute en 1980, il termine sa formation en 1981. Il exerce diverses responsabilités au sein de la NASA avant d'intégrer l'équipage 51-L qui devait être sa première mission dans l'espace.

Distinctions

Il a reçu plusieurs honneurs, dont la Congressional Space Medal of Honor (posthume), la Navy Distinguished Flying Cross, plusieurs Air Medals et la Croix de la Vaillance du Vietnam avec étoile d'argent.

Ellison S. Onizuka (Spécialiste de mission 1)

Né le 24 juin 1946 à Kealahou, Hawaï. Il était colonel de l'USAF. Il était marié et père de deux enfants.

Formation et carrière militaire

Il obtient un double diplôme en ingénierie aérospatiale (licence en juin 1969 et master en décembre 1969) à l'Université du Colorado. Engagé dans l'US Air Force en janvier 1970, il devient ingénieur d'essais en vol à la base de McClellan, en Californie. Il cumule plus de 1 700 heures de vol.

Carrière à la NASA

Il est sélectionné comme astronaute en janvier 1978. A la NASA, il travaille entre autres sur le développement des logiciels et équipements de bord. Il réalise son premier vol en janvier 1985 lors de la mission 51-C à bord de Discovery totalisant 3 jours 01 heures 33 dans l'espace.

Distinctions

Il est promu colonel à titre posthume et reçoit la Médaille d'honneur du Congrès pour l'espace. Parmi ses autres distinctions figurent la Air Force Commendation Medal, la Meritorious Service Medal, et la National Defense Service Medal.



Judith A. Resnik (Spécialiste de mission 2)

Née le 5 avril 1949 à Akron, Ohio. Elle est détentrice d'un doctorat en philosophie. Elle était divorcée et sans enfants.

Formation et carrière militaire

Elle obtient un diplôme en ingénierie électrique de l'Université Carnegie-Mellon en 1970, suivi d'un doctorat dans la même discipline à l'Université du Maryland en 1977.

Carrière à la NASA

Avant d'être sélectionnée par la NASA, elle a commencé sa carrière chez RCA, puis National Institutes of Health et enfin Xerox. Sélectionnée comme astronaute en 1978, elle achève sa formation en 1979 et participe au développement d'expériences scientifiques, du bras robotique canadien, et des procédures d'entraînement. Elle réalise son premier vol spatial en août 1984 à l'occasion de la mission 41-D à bord de Discovery, totalisant 6 jours d'expérience en orbite.

Distinctions

Elle reçoit la Médaille du vol spatial de la NASA (1984) et, à titre posthume, la Médaille d'honneur du Congrès pour l'espace.





Ronald E. McNair (Spécialiste de mission 3)

Né le 21 octobre 1950 à Lake City (Caroline du Sud), Ronald E. McNair était docteur en physique. Il était marié et père de deux enfants.

Formation et carrière militaire

Diplômé de la Carver High School en 1967, il obtient une licence en physique de North Carolina A&T State University en 1971, puis un doctorat en physique du MIT en 1976.

Carrière à la NASA

Sélectionné en 1978, il devient spécialiste de mission. En février 1984, il participe à 41-B à bord de Challenger, où il pilote le bras robotique canadien et supervise diverses expériences scientifiques. Avec ce vol, il totalise 7 jours 23 heures et 15 minutes dans l'espace.

Distinctions

Il reçoit de nombreux honneurs, dont la Congressional Space Medal of Honor (posthume). Il était aussi ceinture noire 5ème dan en karaté et saxophoniste de jazz.



S. Christa McAuliffe (Spécialiste de la charge utile 1)

Née le 2 septembre 1948 à Boston, Massachusetts. Christa McAuliffe était enseignante à la Concord High School (New Hampshire). Elle était mariée et mère de deux enfants.

Formation

Diplômée de Marian High School en 1966, elle obtient un Bachelor of Arts du Framingham State College en 1970, puis une maîtrise en éducation à Bowie State College en 1978.

Carrière professionnelle

Christa McAuliffe a enseigné l'histoire et les sciences sociales pendant plus de 15 ans, dans plusieurs établissements. Le 19 juillet 1985, elle est sélectionnée comme première candidate du programme « Teacher in Space » de la NASA.

Distinctions

À titre posthume, Christa McAuliffe reçoit la Médaille d'honneur du Congrès pour l'espace.

Gregory B. Jarvis (Spécialiste de la charge utile 2)

Né le 24 août 1944 à Detroit dans le Michigan, Gregory Jarvis était marié et père de trois enfants.

Formation et carrière

Diplômé en ingénierie électrique de l'Université d'État de New York à Buffalo en 1967, il obtient ensuite un master dans la même discipline à l'Université Northeastern en 1969. Il complète également des cours en management scientifique à la West Coast University de Los Angeles. En 1973, il rentre chez Hughes Aircraft Company où participe aux programmes MARISAT et LEASAT.

Carrière à la NASA

Gregory Jarvis est sélectionné en juillet 1984 comme spécialiste de la charge utile. Il a vu son vol reporté à plusieurs reprises parce que sa place a été attribuée à des personnalités politiques, notamment le sénateur Jake Garn et le représentant Bill Nelson.

Distinctions

À titre posthume, il reçoit la Médaille d'honneur du Congrès pour l'espace.



Selon les besoins de la mission, la NASA composait les équipages de la navette spatiale avec des astronautes provenant de deux voire trois catégories.

Pilote et commandant de bord

Le pilote aide le commandant de bord au pilotage de la navette et peut prendre le relais si nécessaire. Il assiste dans les manœuvres orbitales et l'amarrage avec des vaisseaux en orbite tels que les stations spatiales ou des satellites. Ce poste était exclusivement réservé à des astronautes issus de l'aviation militaire, avec une formation de pilote d'essai. Pour passer commandant de bord, l'astronaute doit avoir déjà volé en tant que pilote sur une mission précédente. Francis R. Scobee avait été pilote sur 41-C avant d'être promu commandant sur 51-L.

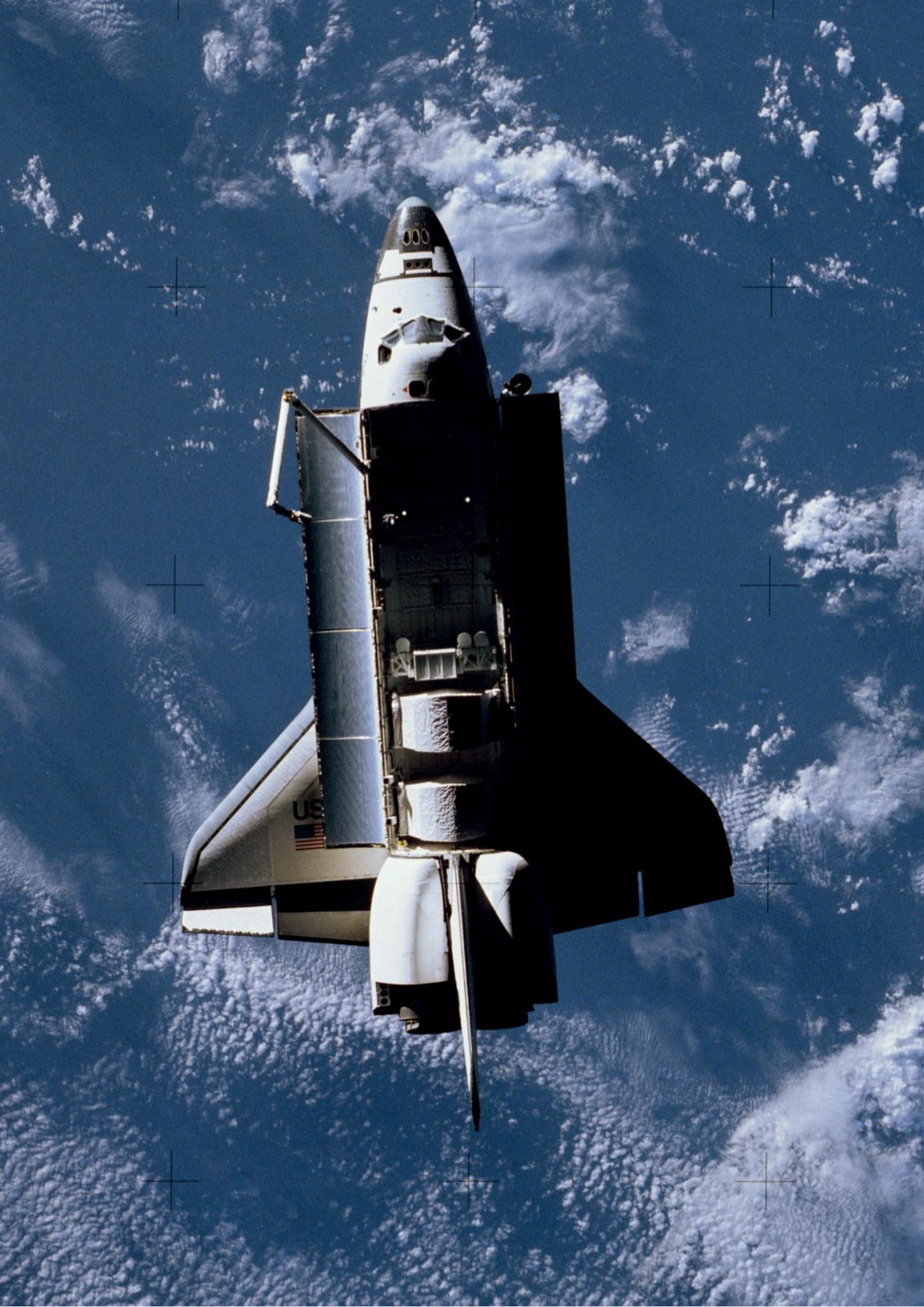
Spécialistes de mission

Ce sont des astronautes de la NASA chargés des opérations techniques et scientifiques à bord. Ils s'occupent notamment de l'utilisation du bras robotique Canadarm, des expériences en microgravité, de l'entretien de la navette et des sorties extravéhiculaires.

Ce poste était ouvert à des scientifiques, ingénieurs et médecins, souvent recrutés parmi les chercheurs ou les officiers militaires avec une formation scientifique.

Spécialistes de la charge utile

Ce rôle était occupé par des experts non astronautes de la NASA, venant d'organismes extérieurs (agences spatiales, entreprises privées, universités, etc.). Ils étaient choisis pour les besoins spécifiques de la mission. Contrairement aux autres astronautes, ils ne passaient pas par la sélection standard de la NASA et suivaient une formation plus courte, ciblée sur leur mission. Dans le cas de S. Christa McAuliffe, elle a été sélectionnée dans le cadre du programme « Teacher in Space ».



II. PRESENTATION

LA NAVETTE CHALLENGER

Photo de Challenger lors de la mission STS-7, prise par le Shuttle Pallet Satellite (SPAS), une plateforme que la navette a déployé quelques heures plus tôt avant de la récupérer.

L'histoire de la navette Challenger

Challenger est la deuxième navette à effectuer un vol dans l'espace. Elle appartient à une flotte de six engins construits par la NASA, composée de cinq navettes opérationnelles et d'un prototype utilisé exclusivement pour des essais en vol atmosphérique ou des tests de compatibilité sur le pas de tir. Chaque navette recevait un code d'identification officiel : Columbia, première navette à avoir volé, portait le code OV-102 (pour Orbiter Vehicle-102). Les autres engins de la flotte comprenaient OV-103 Discovery, OV-104 Atlantis et OV-105 Endeavour, construite pour remplacer Challenger.

Initialement désignée sous le code OV-099, la navette Challenger n'était pas destinée aux missions spatiales, mais conçue pour des essais au sol. Elle devait compléter la phase de tests initiée avec OV-101 Enterprise, un orbiter utilisé pour les essais d'approche et d'atterrissage. Toutefois, face aux contraintes budgétaires, la NASA renonça à modifier Enterprise en véhicule spatial opérationnel et choisit plutôt d'adapter OV-099 en cours de construction au moment de la prise de décision. Rebaptisée Challenger, cette dernière fut finalement intégrée à la flotte active des navettes spatiales.

Le nom de Challenger a été choisi en hommage à un navire de recherche scientifique britannique du XIXe siècle, le HMS Challenger. Ce navire effectua, entre 1872 et 1876, une expédition océanographique pionnière, explorant en détail les fonds marins et apportant des découvertes majeures en océanographie.

Par ailleurs, cette appellation était également une référence au module lunaire Challenger, l'engin qui a permis aux astronautes Eugene A. Cernan et Harrison H. Schmitt de se poser sur la Lune en décembre 1972, lors de la mission Apollo 17, la dernière mission habitée du programme lunaire Apollo.



Cérémonie pour la sortie d'usine de la navette spatiale Challenger chez Rockwell International à Palmdale, en Californie.

La construction de la navette Challenger

La construction de la navette Challenger commence le 21 novembre 1975 avec l'assemblage structurel du module de l'équipage, suivi de l'assemblage du fuselage arrière le 24 juin 1976. Les ailes, quant à elles, sont finalisées chez Grumman le 16 mars 1977.

Le 30 juillet 1977, l'assemblage final débute et se poursuit jusqu'au 10 février 1978. OV-099, l'appellation initiale de Challenger, est alors soumis à des tests de simulation des phases de vol. Le 5 janvier 1979, la NASA officialise la transformation de l'OV-099 en navette spatiale par la signature d'un contrat avec Rockwell, le constructeur des orbiters.

Le 7 novembre 1979, des modifications importantes débutent, notamment le changement du module d'équipage, dont la construction avait commencé le 28 janvier 1979, ainsi que le renforcement des ailes. L'assemblage final de Challenger commence le 3 novembre 1980 et s'achève le 23 octobre 1981.

La navette sort officiellement d'usine le 30 juin 1982 avant d'être transférée au Kennedy Space Center le 5 juillet 1982, en vue de son premier vol. Le 4 avril 1983, Challenger réalise son vol inaugural, transportant un équipage de quatre astronautes pour une mission de cinq jours dans l'espace.

Les missions de la navette Challenger

Jusqu'à sa destruction en janvier 1986, Challenger était la navette la plus active du programme. La mission 51-L était sa 10^e et la 25^e du programme. À noter que 51-F reste la seule mission où l'équipage a dû activer la procédure « ATO » (Abort To Orbit) en raison de la panne du moteur SSME numéro 1, plaçant la navette sur une orbite plus basse que prévu mais sans impact majeur sur la mission.

STS-6

Equipage

Paul J. Weitz (Commandant)

Karol J. Bobko (Pilote)

Donald H. Peterson (Spécialiste de mission)

Franklin S. Musgrave (Spécialiste de mission)

Dates de la mission

Lancement: 04-04-1983 à 18:30:00 depuis le pas de tir LC-39A

Retour: 09-04-1983 à 18:53:42 sur la piste 22 à EAFB

Durée du vol: 05 jours 00:23:42

Orbites: 81

Faits marquants

Première sortie extravéhiculaire réalisée depuis la navette et largage du gros satellite de relai de communications TDRS-A.





STS-7

Equipage

Robert L. Crippen (Commandant)
Frederick H. Hauck (Pilote)
John M. Fabian (Spécialiste de mission)
Sally K. Ride (Spécialiste de mission)
Norman E. Thagard (Spécialiste de mission)

Dates de la mission

Lancement: 18-06-1983 à 11:33:00 depuis le pas de tir LC-39A
Retour: 24-06-1983 à 13:57:07 sur la piste 15 à EAFB
Durée du vol: 06 jours 02:24:07
Orbites: 98

Faits marquants

Première femme astronaute américaine.
Déploiement des satellites de communications Anik C2 et Palapa B1.
Largage et récupération de la plateforme allemande SPAS-1.



STS-8

Equipage

Richard H. Truly (Commandant)
Daniel C. Brandenstein (Pilote)
Guion S. Jr. Bluford (Spécialiste de mission)
Dale A. Gardner (Spécialiste de mission)
William E. Thornton (Spécialiste de mission)

Dates de la mission

Lancement: 30-08-1983 à 06:32:00 depuis le pas de tir LC-39A
Retour: 05-09-1983 à 07:40:42 sur la piste 22 à EAFB
Durée du vol: 06 jours 01:08:42
Orbites: 98

Faits marquants

Premier lancement et premier atterrissage de nuit pour une navette.
Premier astronaute afro-américain à s'envoler dans l'espace.
Déploiement du satellite indien de communications Insat 1B.
Test du bras télémanipulateur avec la charge Payload Flight Test Article.

41-B

Equipage

Vance D. Brand (Commandant)

Robert L. Gibson (Pilote)

Bruce II McCandless (Spécialiste de mission)

Robert L. Stewart (Spécialiste de mission)

Ronald E. McNair (Spécialiste de mission)

Dates de la mission

Lancement: 03-02-1984 à 13:00:00 depuis le pas de tir LC-39A

Retour: 11-02-1984 à 12:15:55 sur la piste 15 au KSC

Durée du vol: 07 jours 23:15:55

Orbites: 128



Faits marquants

Premier atterrissage d'une navette au Kennedy Space Center.

Déploiement des satellites de communications Palapa B2, Westar 6.

Première sortie extravéhiculaire libre avec le MMU.

41-C

Equipage

Robert L. Crippen (Commandant)

Francis R. Scobee (Pilote)

Terry J. Hart (Spécialiste de mission)

James D. van Hoften (Spécialiste de mission)

George D. Nelson (Spécialiste de mission)

Dates de la mission

Lancement: 06-04-1984 à 13:58:00 depuis le pas de tir LC-39A

Retour: 13-04-1984 à 13:38:06 sur la piste 17 au EAFB

Durée du vol: 06 jours 23:40:06

Orbites: 108



Faits marquants

Déploiement du satellite LDEF destiné à être récupéré ultérieurement.

Ce sera chose faite en janvier 1990 avec la navette Columbia.

Première réparation d'un satellite en orbite. Il s'agit du satellite Solar Max destiné à observer le Soleil durant tout un cycle solaire de 11 ans.

41-G

Equipage

Robert L. Crippen (Commandant)

Jon A. McBride (Pilote)

Kathryn D. Sullivan (Spécialiste de mission)

Sally K. Ride (Spécialiste de mission)

David C. Leestma (Spécialiste de mission)

Paul D. Scully-Power (Spécialiste de la charge utile)

Marc J. J-M. Garneau (Spécialiste de la charge utile) - Canada



Dates de la mission

Lancement: 05-10-1984 à 11:03:00 depuis le pas de tir LC-39A

Retour: 13-10-1984 à 16:26:33 sur la piste 33 au KSC

Durée du vol: 08 jours 05:23:33

Orbites: 133

Faits marquants

Première femme à effectuer une sortie extravéhiculaire.

Déploiement du satellite ERBS et réalisation d'expériences pour le programme OSTA-3.

51-B

Equipage

Robert F. Overmyer (Commandant)

Frederick D. Gregory (Pilote)

Don L. Lind (Spécialiste de mission)

Norman E. Thagard (Spécialiste de mission)

William E. Thornton (Spécialiste de mission)

Taylor Gun-Jin Wang (Spécialiste de la charge utile)

Lodewijk van den Berg (Spécialiste de la charge utile)



Dates de la mission

Lancement: 29-04-1985 à 16:02:18 depuis le pas de tir LC-39A

Retour: 06-05-1985 à 16:11:04 sur la piste 17 à EAFB

Durée du vol: 07 jours 00:08:46

Orbites: 111

Faits marquants

Laboratoire Spacelab 3 installé dans la soute pour de la recherche multi-disciplinaire.

51-F

Equipage

Charles G. Fullerton (Commandant)

Roy D. Jr. Bridges (Pilote)

Karl G. Henize (Spécialiste de mission)

Franklin S. Musgrave (Spécialiste de mission)

Anthony W. England (Spécialiste de mission)

Loren W. Acton (Spécialiste de la charge utile)

John-David F. Bartoe (Spécialiste de la charge utile)

Dates de la mission

Lancement: 29-07-1985 à 21:00:00 depuis le pas de tir LC-39A

Retour: 06-08-1985 à 19:45:26 sur la piste 22 à EAFB

Durée du vol: 07 jours 22:45:26

Orbites: 127

Faits marquants

Laboratoire Spacelab 2 installé dans la soute pour de la recherche multidisciplinaire. Première et unique mise en route de la procédure Abort To Orbit au cours d'un lancement.



61-A

Equipage

Henry W. Jr. Hartsfield (Commandant)

Steven R. Nagel (Pilote)

Bonnie J. Dunbar (Spécialiste de mission)

James F. Buchli (Spécialiste de mission)

Guion S. Jr. Bluford (Spécialiste de mission)

Reinhard A. Furrer (Spécialiste de la charge utile) - Allemagne

Ernst W. Messerschmid (Spécialiste de la charge utile) - Allemagne

Wubbo J. Ockels (Spécialiste de la charge utile) - Pays-Bas

Dates de la mission

Lancement: 30-10-1985 à 17:00:00 depuis le pas de tir LC-39A

Retour: 06-11-1985 à 17:44:51 sur la piste 17 au EAFB

Durée du vol: 07 jours 00:44:51

Orbites: 112

Faits marquants

Mission de recherche multidisciplinaire financée par l'Allemagne et utilisant le laboratoire pressurisé Spacelab.

Record de passagers à bord d'une navette pour une mission.





USA



Spartan

III. LA MISSION

PRESENTATION GENERALE

Vue sur la soute de la navette Challenger pour la mission 51L.

En haut la plateforme SPARTAN et en bas, le satellite TDRS-B avec son moteur IUS.

L'écusson de la mission 51-L

Avant d'aborder en détail la mission 51-L de Challenger, il est essentiel de comprendre le système de codification utilisé par la NASA entre 1984 et 1986. Jusqu'à fin 1983, les missions étaient numérotées de façon séquentielle selon leur ordre de lancement. Par exemple, le premier vol du programme des navettes spatiales, réalisé par Columbia, était désigné STS-1 (Space Transportation System 1), et cette logique s'est poursuivie jusqu'à STS-9 en novembre 1983.

À partir de 1984, la NASA a adopté une nouvelle nomenclature, supprimant l'appellation « STS » au profit d'un code composé de deux chiffres suivis d'une lettre. Le premier chiffre indiquait l'exercice fiscal fédéral en cours au moment de la planification de la mission, tandis que le second désignait le site de lancement (1 pour le Kennedy Space Center et 2 pour la base de Vandenberg). La lettre, quant à elle, représentait l'ordre d'attribution de la mission. Ainsi, « 51-L » correspond à la 12^e mission approuvée pour 1985 et dont le lancement était prévu depuis le Kennedy Space Center.

Après l'accident de Challenger, qui marquait le 25^e vol d'une navette spatiale, la NASA a abandonné cette codification et est revenue à la numérotation séquentielle, bien que l'ordre des missions ne soit pas toujours strictement chronologique. Par exemple, la première mission après Challenger a été désignée STS-26R (R pour « Reflight » - Retour en vol), tandis que la mission qui a permis le déploiement du télescope spatial Hubble portait le numéro STS-31, bien qu'elle ait été la 35^e mission du programme. Par ailleurs, l'utilisation de la base de Vandenberg pour les lancements des navettes a été définitivement abandonnée après l'accident.

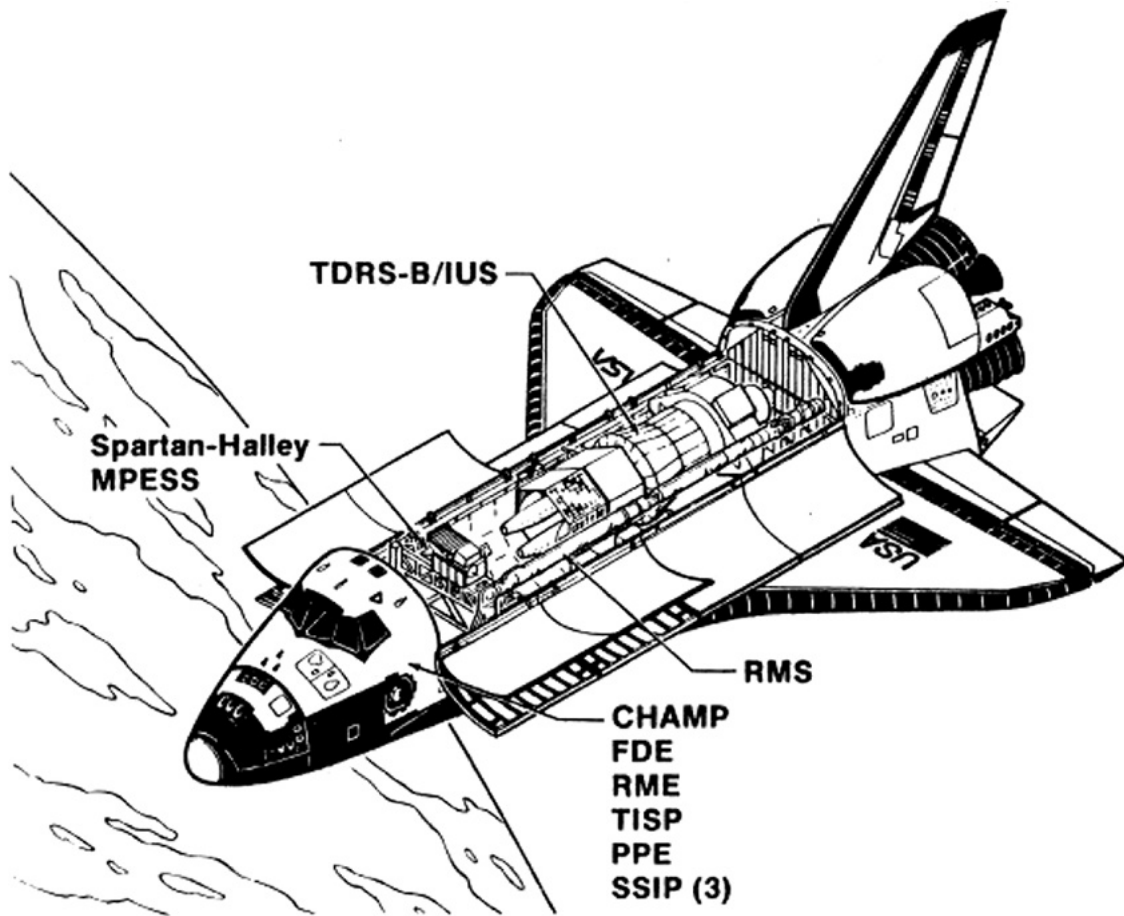


L'écusson de la mission 51-L a été conçu par Ernie Reyes, alors Directeur des Opérations de Préparation des Missions au Kennedy Space Center, en étroite collaboration avec l'équipage. Ensemble, ils ont affiné le design à travers une trentaine d'esquisses pour aboutir au visuel final. Il représente une navette s'élançant depuis le Kennedy Space Center pour atteindre l'orbite terrestre, sur un fond évoquant le drapeau américain.

Dans la soute de la navette, deux cubes symbolisent les principales charges utiles embarquées à bord de Challenger : le plus grand représente le satellite TDRS-B, tandis que le plus petit correspond à la plateforme Spartan 203. Cette dernière avait pour mission d'observer la comète de Halley, qui figure également sur l'écusson.

Les noms des membres d'équipage entourent l'illustration, avec une distinction pour les spécialistes de la charge utile, identifiés en bas du badge. Enfin, l'enseignante Christa McAuliffe est identifiée avec une pomme dessinée à côté de son nom, en hommage à sa profession.

La charge utile de la mission 51-L



Configuration de la charge utile pour la mission 51-L à bord de la navette spatiale Challenger.

Challenger transportait deux charges utiles dans sa soute. Dix heures après l'arrivée en orbite, l'équipage devait déployer le satellite TDRS-B, essentiel au réseau de communication de la NASA. Au troisième jour, il devait larguer la plateforme d'observation Spartan 203, destinée à étudier la comète de Halley, avant de la récupérer deux jours plus tard. Les astronautes avaient également pour mission de réaliser plusieurs expériences scientifiques, tandis que S. Christa McAuliffe devait donner des cours en direct dans le cadre du programme « Teacher in Space ».

Le satellite TDRS-B

Lancé par la NASA dans les années 1970, le programme TDRS (Tracking & Data Relay Satellite) visait à établir un réseau de communication en orbite terrestre pour améliorer les transmissions entre la Terre et les engins spatiaux en orbite autour de la Terre. Avant son déploiement, les communications reposaient sur une cinquantaine de stations au sol, limitant la couverture à seulement 15 % de l'orbite. Ce réseau impliquait des interruptions fréquentes et des coûts d'exploitation élevés. En plaçant quelques satellites en orbite géostationnaire à des emplacements stratégiques, la NASA a pu assurer une couverture quasi totale, permettant un suivi en continu des satellites et des missions spatiales.

Les satellites TDRS de première génération sont construits par TRW et opérés par le Goddard Space Flight Center. Chaque satellite pèse un peu plus de 2 tonnes et, une fois déployé, atteint une envergure de 17,3 × 14,2 mètres. Conçus pour une durée de vie théorique de 10 ans, ils jouent un rôle essentiel dans la transmission des données, notamment pour les missions des navettes spatiales et la station spatiale. TDRS-B, embarqué à bord de Challenger, devait être positionné en orbite géostationnaire au-dessus du Pacifique, à 171° de longitude ouest, au sud d'Hawaï. Il sera remplacé en septembre 1988 par TDRS-C, lancé par la navette Discovery lors de la mission du retour en vol des navettes spatiales.

La plateforme Spartan 203

Les plateformes Spartan (Shuttle Pointed Autonomous Research Tool for Astronomy) étaient des satellites autonomes déployés par la navette spatiale pour mener des observations scientifiques avant d'être récupérés après quelques jours de vol libre. Développées par le Goddard Space Flight Center de la NASA, elles fonctionnaient sans propulsion propre, utilisant leurs instruments embarqués et leurs batteries pour réaliser leurs missions.

Pour la mission 51-L, la plateforme Spartan 203 devait observer la comète 1P/Halley peu avant son périhélie, en obtenant des spectres ultraviolets de sa coma et de sa queue. L'objectif était de mesurer les taux de production de O^+ et OH^- , et d'étudier leur lien avec la photodissociation de l'eau.

Pour cette mission, Spartan 203 était équipée de deux spectromètres Ebert-Fastie, identiques à ceux utilisés sur les sondes martiennes Mariner 6, 7 et 9. Deux caméras alignées avec les spectromètres devaient photographier la comète, permettant d'ajuster la précision du pointage lors de l'analyse des données et de corrélérer les changements observés dans la queue avec les variations spectrales.

CHAMP

L'expérience CHAMP (Comet Halley Active Monitoring Program) devait utiliser une caméra montée dans la cabine de la navette pour capturer des images de la comète sur plusieurs longueurs d'onde. L'objectif était d'étudier les variations en temps réel et de fournir des données utiles pour la planification des observations des autres missions spatiales.

FDE

L'expérience FDE (Fluid Dynamics Experiment) était l'une des expériences scientifiques qui avait pour but d'étudier le comportement des fluides en microgravité.

RME

L'expérience RME (Radiation Monitoring Experiment) devait permettre de mesurer les niveaux de radiation à l'intérieur de la navette spatiale pendant le vol grâce à un dosimètre électronique portable. L'expérience a été reconduite lors de vols ultérieurs.

PPE

L'expérience PPE (Phase Partitioning Experiment) devait permettre d'étudier le comportement des liquides en microgravité, plus précisément la séparation des phases dans des mélanges de fluides.

PPE consistait en un ensemble de cellules expérimentales contenant des mélanges de liquides. Les astronautes devaient observer et enregistrer la manière dont ces fluides se séparaient en l'absence de gravité.

SSIP

L'expérience SSIP (Solid Surface Ignition and Extinction) visait à étudier le comportement de la combustion en microgravité. L'expérience consistait à enflammer de petits échantillons de matériaux et à observer comment la flamme se développait et s'éteignait en microgravité. Ces tests auraient permis d'analyser le rôle de l'oxygène, de la chaleur et du flux de gaz dans un environnement spatial.

Le programme de vol de la mission 51-L

La mission 51-L devait s'élancer depuis la rampe de lancement 39B du Kennedy Space Center, marquant la première utilisation de ce second pas de tir par une navette spatiale depuis le début du programme en 1981.

Construit en 1963 pour le programme Apollo, le pas de tir 39B a été inauguré en 1969 avec la mission Apollo 10. Il a ensuite servi pour d'autres missions avant d'être mis en sommeil en 1975 afin d'être modifié pour accueillir les navettes spatiales.

Après plusieurs années de transformation, il est déclaré opérationnel pour le programme des navettes, et c'est la mission 51-L qui devait être la première à l'utiliser.

Le plan de vol

Le plan de vol de la mission 51-L prévoyait l'insertion de la navette Challenger sur une orbite basse culminant à un peu plus de 280 km d'altitude, avec une inclinaison de 28,45 degrés. Le premier jour, l'équipage devait larguer le satellite TDRS-B depuis la soute de la navette. L'opération était programmée dix heures après le décollage du Kennedy Space Center. Équipé d'un moteur IUS à deux étages à propergol solide, le satellite devait rejoindre son orbite définitive à 36 000 km, au-dessus de la verticale d'Hawaï.

Au troisième jour, alors que Challenger en était à sa 37ème orbite, l'astronaute Ronald McNair devait déployer la plateforme Spartan 203 à l'aide du bras télémanipulateur. Spartan devait effectuer son vol de manière autonome, récoltant des informations sur la comète de Halley pendant 40 heures, avant d'être récupérée et replacée dans la soute de la navette.

Les objectifs de la mission ne se limitaient pas au déploiement de TDRS-B et Spartan 203. Les astronautes devaient également réaliser une série d'expériences scientifiques, tandis que Christa McAuliffe avait des exposés à présenter dans le cadre du programme « Teacher in Space ».

Après une semaine dans l'espace, Challenger devait rentrer sur Terre. La manœuvre de désorbitation était prévue lors de la 96ème orbite, alors que la navette survolait l'océan Indien. La mission devait s'achever sur la piste du Kennedy Space Center, six jours et 34 minutes après le départ de Floride.

Teacher in Space Program (TISP)

Le 27 août 1984, le Président Ronald W. Reagan annonce qu'un enseignant serait le premier citoyen non professionnel à voyager à bord de la navette spatiale. Ce projet, baptisé « Teacher in Space », s'inscrit dans le programme de participation aux vols spatiaux de la NASA. Il vise à ouvrir l'accès à la navette à un public plus large et à mieux faire connaître les missions spatiales grâce à des initiatives éducatives et des actions de sensibilisation.

Plus de 11 000 enseignants ont répondu à l'appel du président, dont 114 candidatures retenues par le Council of Chief State School Officers, chargé par la NASA de coordonner le processus de sélection. Le 1er juillet 1985, le National Review Panel annonce les 10 finalistes parmi ces candidats. Après examens médicaux et entretien à la NASA, le comité désigne l'enseignante du New-Hampshire S. Christa McAuliffe comme astronaute principale et Barbara R. Morgan comme suppléante. L'annonce est officialisée le 19 juillet 1985 en présence du vice-président George H. Bush.

Au cours de son vol, Christa McAuliffe devait donner deux cours en direct pour les écoles. « *The Ultimate Field Trip* » permettait aux élèves de comparer la vie quotidienne à bord de la navette avec celle sur Terre. « *Where We've Been, Where We're Going, Why?* » devait se concentrer sur les retombées du spatial dans la vie de tous les jours et sur l'avenir du voyage spatial. McAuliffe devait aussi participer à plusieurs activités, filmées pour être utilisées ultérieurement dans des produits éducatifs.

Ron's piece

Saxophoniste et ami de Jean-Michel Jarre, Ronald E. McNair devait enregistrer la partie saxophone de « *Dernier Rendez-vous* » depuis la navette. Après la tragédie, le morceau a été rebaptisé « *Ron's Piece* », et l'album a été dédié aux sept astronautes disparus.

En avril 1986, Jean-Michel Jarre a donné un concert à Houston pour célébrer le 150^e anniversaire de la ville, le 25^e anniversaire de la NASA et rendre hommage aux membres de l'équipage de Challenger. Lors de cet événement, il a interprété le morceau en mémoire de McNair, avec la partie de saxophone jouée par le musicien Kirk Whalum.



IV. LA MISSION

LA PREPARATION

Arrivée de la navette spatiale Challenger sur la rampe de lancement 39B en décembre 1985.

Planification de la mission 51-L

Genèse et évolution de la mission 51-L

La planification de la mission 51-L débute en 1984 avec un lancement initialement prévu le 2 juillet 1985. L'objectif est alors de définir la liste des charges utiles à transporter en soute, les expériences scientifiques à mener en cabine, ainsi que les grandes lignes du déroulement du vol. Comme pour toutes les missions de la navette spatiale, ce plan évolue progressivement en fonction des priorités du programme spatial, des contraintes techniques et des impératifs calendaires.

À l'origine, 51-L devait déployer les satellites Westar VI et Palapa-B2, récupérés après un échec de mise en orbite en novembre 1984 suite à une panne moteur, ou bien lancer le satellite de relais TDRS-C. Un équipage de cinq astronautes est sélectionné pour cette première version de la mission auxquels devaient s'ajouter ultérieurement deux spécialistes de la charge utile. En janvier 1985, la NASA décide d'annuler la mission dans sa configuration initiale. Son équipage est alors réaffecté à la mission 61-B, prévue plus tard dans l'année à bord de la navette Atlantis.

La version finale de la mission 51-L

Le 27 janvier 1985, la NASA officialise le nouvel équipage pour la mission 51-L. Il est composé de cinq astronautes de la NASA : Francis R. Scobee, commandant de la mission, assisté de Michael J. Smith en tant que pilote, et de trois spécialistes de mission, Ellison S. Onizuka, Ronald E. McNair et Judith A. Resnik. Tous, à l'exception de Smith, ont déjà une expérience dans l'espace. À ces cinq astronautes s'ajouteront plus tard deux spécialistes de charge utile.



Le Vice-président Georges H. Bush félicite Christa McAuliffe pour sa sélection.

Au fil des mois, le manifeste de la charge utile évolue en fonction des priorités et des disponibilités, ce qui entraîne six reports de la réunion Cargo Integration Review qui sert à valider la compatibilité de la charge utile avec la navette. Elle finit par se tenir le 18 juin 1985, date à laquelle la NASA confirme le satellite TDRS-B comme charge utile principale. Prévu initialement pour mars 1985, le lancement de TDRS-B avait été retardé en raison de problèmes rencontrés avec l'étage IUS utilisé pour TDRS-A en 1983, entraînant un glissement calendaire de la mission 51-L du 27 novembre 1985 au 22 janvier 1986.

Le 19 juillet 1985, la NASA annonce la sélection de S. Christa McAuliffe comme spécialiste de charge utile dans le cadre du programme « Teacher in Space », avec Barbara R. Morgan comme suppléante.

Le 20 août 1985, la NASA organise la réunion Flight Planning and Stowage Review, une revue visant à finaliser l'organisation du vol. Cette étape permet d'affiner le plan d'activités de l'équipage, d'examiner les exigences techniques et opérationnelles de la mission et d'optimiser l'agencement du matériel dans le compartiment de l'équipage. Sont également passés en revue les besoins en imagerie et transmissions télévisées, ainsi que l'état d'avancement de l'intégration technique du vol.

De son côté, la Hughes Aircraft Company avait sélectionné dès 1984 Gregory B. Jarvis (astronaute principal) et William L. Butterworth (astronaute suppléant) comme spécialistes de charge utile pour superviser le déploiement d'un satellite LEASAT lors de la mission 51-D prévue en mars 1985. Cependant, l'ajout du sénateur de l'Utah Edwin J. Garn à ce vol entraîne la réaffectation de Jarvis à la mission 51-I, puis à 61-C. Plus tard, l'arrivée du député de Floride C. William Nelson sur 61-C pousse à nouveau Jarvis vers une autre mission. Il est également brièvement pressenti pour 51-G, mais sa place est finalement attribuée au prince Sultan ben Salmane ben Abdelaziz Al Saoud ou à l'astronaute français Patrick Baudry.

Le 25 octobre 1985, après plusieurs changements d'affectation, la NASA intègre finalement Jarvis à l'équipage Challenger 51-L. Ce choix s'impose malgré l'absence de charge utile liée à son entreprise dans cette mission. Son intégration tardive nécessite des ajustements dans l'aménagement du pont intermédiaire pour accueillir ses expériences et entraîne un retard dans la finalisation du plan d'activités de l'équipage.

L'entraînement de l'équipage

La mission 51-L était une mission classique de la navette spatiale, incluant le largage d'un satellite relais de données, d'une plateforme astronomique récupérable et la réalisation d'expériences scientifiques. La planification du vol repose sur ces objectifs pour établir un calendrier précis, définir les paramètres de trajectoire et orbitaux, anticiper les besoins en consommables et en communication. Ce processus permet également de programmer les systèmes informatiques de l'orbiter et du Mission Control Center, ainsi que d'adapter les simulateurs d'entraînement.

En matière de formation, le déploiement du satellite TDRS-B s'appuie largement sur les procédures établies lors du vol STS-6, permettant un gain de temps considérable. De même, les méthodes utilisées pour 51-G servent de référence pour la mise en orbite de Spartan 203. Quant aux expériences embarquées, elles ne nécessitent pas d'adaptations majeures.

L'entraînement des astronautes Scobee, Smith, Onizuka, McNair et Resnik débute 37 semaines avant le lancement. Une semaine plus tard, les astronautes commencent les sessions sur le Shuttle Mission Simulator, qui leur permet de s'exercer aux différentes phases du vol, incluant le lancement, la mise en orbite, la rentrée atmosphérique et l'atterrissage. Ces simulations garantissent une préparation optimale pour faire face aux anomalies potentielles.

S. Christa McAuliffe, sélectionnée pour le programme « Teacher in Space », commence son entraînement le 9 septembre 1985, suivie le 25 octobre par Gregory B. Jarvis. En tant que spécialistes de la charge utile, leur formation diffère légèrement de celle des astronautes professionnels, mais inclut des sessions techniques essentielles à la réussite de la mission. Avec d'autres spécialistes et leurs doublures, ils participent à divers exercices, notamment à des vols paraboliques à bord d'un avion KC-135 aménagé pour expérimenter l'apesanteur, en enchaînant les chutes libres.

Neuf semaines avant le lancement, l'équipage entre dans la phase « Integrated Training », destinée à coordonner les actions

des astronautes avec les contrôleurs du Mission Control Center et des centres de contrôle distants. Ce programme intensif couvre toutes les étapes de la mission, du lancement à l'atterrissage. L'entraînement devait initialement débiter onze semaines avant le lancement, mais des retards dans la planification du vol conduisent à un report de deux semaines. Afin de compenser ce retard, les astronautes suivent un programme intensif, avec une moyenne de 48,7 heures d'entraînement hebdomadaire, atteignant parfois 65 à 70 heures par semaine lors des périodes les plus exigeantes.

Le 13 décembre 1985, la NASA organise au Johnson Space Center la traditionnelle conférence pré-vol. Lors de cet événement médiatique, l'équipage est officiellement présenté à la presse. Chaque astronaute détaille son rôle au sein de la mission et partage ses impressions sur les mois d'entraînement intensif écoulés.

À six semaines du lancement de Challenger, l'entraînement de l'équipage est perturbé par les retards successifs de la mission 61-C de Columbia. Les sessions sur simulateurs doivent être réorganisées afin que les deux équipages puissent les utiliser. Les astronautes de 51-L ne retrouvent un accès complet aux simulateurs qu'après le départ de Columbia. Les deux dernières semaines d'entraînement deviennent alors plus soutenues, avec des intervalles réduits entre les sessions. Malgré ces ajustements, aucun entraînement n'est annulé et la préparation reste entièrement assurée.

Bien qu'aucune sortie extravéhiculaire ne soit prévue pour cette mission, Ronald E. McNair et Ellison S. Onizuka suivent un entraînement spécifique dans le Neutral Buoyancy Laboratory. Ce bassin, d'une longueur de 61 mètres, une largeur de 31 mètres et une profondeur de 12 mètres, contient 23,5 millions de litres d'eau et permet de simuler l'absence de gravité. Les deux astronautes apprennent à gérer d'éventuelles anomalies nécessitant une intervention extérieure, comme la fermeture manuelle des portes de la soute.

Les 8 et 9 janvier 1986, les sept astronautes participent au Terminal Countdown Demonstration Test (TCDT) au Kennedy Space Center. Cette répétition grandeur nature simule les dernières heures du compte à rebours, permettant à l'équipage et aux équipes au sol de répéter les procédures du jour du lancement. L'exercice s'achève juste avant l'allumage théorique des moteurs principaux. L'équipage effectue également des exercices d'évacuation d'urgence, testant les nacelles de sauvetage prévues en cas d'incident sur le pas de tir. Cette phase se termine par une rencontre avec la presse près de la navette Challenger, où les astronautes répondent aux questions des journalistes et posent pour des photos avant de repartir à l'entraînement au Johnson Space Center à Houston.



De gauche à droite : Smith, Onizuka, Resnik et Scobee assis dans le simulateur de la cabine de la navette spatiale.



Simulation d'évacuation d'urgence sur le pas de tir 39B lors de la Terminal Countdown Demonstration Test.

À la suite de la réussite du TCDT, la NASA fixe la date de lancement au 23 janvier 1986. Toutefois, le retard accumulé pour le lancement de la mission 61-C entraîne un report au 26 janvier. Le 24 janvier 1986, les sept astronautes embarquent à bord du Gulfstream V immatriculé N95NA et rejoignent le Kennedy Space Center pour les ultimes préparatifs en vue du lancement imminent.



Conférence de presse à l'arrivée de l'équipage de la mission 51-L au Kennedy Space Center.

Processing de la mission 51-L

Le calendrier chargé de l'année 1986

La mission 51-L de Challenger devait ouvrir la série des 13 vols programmés pour l'année 1986. A ces 13 missions s'est ajoutée 61-C de la navette Columbia, retardée depuis le 18 décembre 1985 en raison d'aléas techniques et météorologiques. Ce calendrier ambitieux témoignait de la volonté de la NASA d'augmenter la cadence des lancements, soutenue par l'introduction des navettes Discovery en 1984 et Atlantis en 1985, qui permettait de maintenir en service trois navettes tout en assurant la maintenance de la quatrième sans perturber le manifeste.

Parmi ces 13 missions, deux revêtaient une importance particulière en raison de leur fenêtre de tir extrêmement restreinte et qui vont mobiliser les équipes du Kennedy Space Center durant plusieurs semaines : les missions 61-F et 61-G, respectivement confiées aux navettes Challenger et Atlantis. La première devait impérativement décoller le 15 mai avec la sonde d'exploration solaire Ulysses, tandis que la seconde devait partir une semaine plus tard avec la sonde Galileo, destinée à l'exploration de Jupiter. Ces deux sondes empruntaient une trajectoire similaire pour atteindre la géante gazeuse, une opportunité qui ne se présente que quelques jours tous les 13 mois en raison de la configuration planétaire.

Pour rejoindre Jupiter, ces sondes avaient besoin d'une poussée plus importante que celle fournie par l'étage Inertial Upper Stage (IUS) habituellement utilisé avec la navette. La NASA avait donc prévu l'emploi d'un étage cryogénique Centaur G', dérivé de celui utilisé sur les fusées Atlas, et installé directement dans la soute. Cette configuration représentait une difficulté importante car aucun étage de ce type n'avait encore été transporté et rempli dans les conditions imposées par la navette. Afin de garantir la sécurité et la faisabilité de l'opération, des essais de remplissage et d'intégration devaient être réalisés directement sur le pas de tir 39A avec la navette Atlantis, ce qui immobilisait l'installation pendant plusieurs semaines.

L'augmentation de la cadence des lancements reposait aussi sur l'ouverture d'un troisième pas de tir dédié à la navette sur la base de Vandenberg en Californie. Il était prévu de l'inaugurer en juillet 1986 lors de la mission 62-A de Discovery, une mission classifiée du Department of Defense. En 1985, neuf vols avaient été réalisés et 13 étaient programmés pour 1986 auquel s'est ajouté 61C. Avec trois pas de tir disponibles et quatre navettes opérationnelles, la NASA ambitionnait d'atteindre le chiffre de 30 vols par an dès le début des années 1990.

Calendrier de l'année 1986

06/01/1986: Mission 61-C - Columbia pour déployer le satellite Satcom K-1 (ajoutée en décembre 1985)
22/01/1986: Mission 51-L - Challenger pour déployer TDRS-B et Spartan 203
06/03/1986: Mission 61-E - Columbia avec l'observatoire Astro 1 dédié à la comète de Halley
15/05/1986: Mission 61-F - Challenger pour lancer la sonde Ulysses
21/05/1986: Mission 61-G - Atlantis pour lancer la sonde Galileo
24/06/1986: Mission 61-H - Columbia pour déployer les satellites Skynet 4A et Palapa B3
15/07/1986: Mission 62-A - Discovery pour le compte du Department of Defense depuis Vandenberg
22/07/1986: Mission 61-M - Challenger pour déployer TDRS-C
xx/09/1986: Mission 61-N - Columbia pour le compte du Department of Defense
xx/09/1986: Mission 61-I - Challenger pour lancer un satellite Insat et récupérer le satellite LDEF
xx/10/1986: Mission 61-K - Atlantis pour une mission d'observation de la Terre
27/10/1986: Mission 71-A - Atlantis déployer le télescope spatial Hubble
xx/11/1986: Mission 61-L - Columbia pour déployer plusieurs satellites de télécommunications
xx/12/1986: Mission 71-B - Challenger pour le compte du Department of Defense.

Assemblage de Challenger 51-L

L'assemblage des différents éléments de la navette pour la mission 51-L a commencé à l'automne 1985. Acheminés par voie de chemin de fer, les segments des boosters ont été stockés dans la zone de processing des SRB (Solid Rocket Booster), située au nord du VAB (Vertical Assembly Building), derrière le parking des tables de lancement sur lesquelles repose la navette une fois assemblée.

Le 28 octobre, les ouvriers ont débuté l'assemblage des deux SRB dans la baie numéro 3 du VAB. Le 8 novembre, lors d'une manipulation à la grue, le segment avant du booster gauche a été endommagé. Il est remplacé le 9 décembre, en même temps que son homologue droit, les boosters étant assemblés par paire.

La préparation de Challenger a débuté immédiatement après son retour de la mission 61-A. Après son arrivée en Floride le 11 novembre, la navette a été remorquée jusqu'au bâtiment OPF 1 (Orbiter Processing Facility 1) afin de retirer le module Spacelab de la soute, de vidanger les ergols résiduels et d'entamer la remise en état de l'orbiter en vue de son prochain vol.

Le 9 décembre, les ingénieurs ont installé la charge utile Spartan 203 dans la soute de Challenger. Le lendemain, l'ET (External Tank) de couleur brun rouille a été hissé entre les deux boosters, complétant ainsi l'ensemble de propulsion, appelé « stack de propulsion ». Une semaine plus tard, l'orbiter a été transférée de l'OPF 1 vers le VAB, où elle est fixée à son réservoir externe et à ses propulseurs d'appoint à poudre.

Le transfert de la navette Challenger vers le pas de tir 39B, aussi appelé rollout, a lieu le 22 décembre. La situation est inédite puisque non loin de là, la navette Columbia occupait le pas de tir 39A dans l'attente de son lancement retardé pour la mission 61-C. C'était la première fois que deux navettes spatiales étaient présentes simultanément sur les pas de tir du Kennedy Space Center.

Enfin, le 5 janvier 1986, la combinaison TDRS-B/IUS est arrivée sur la plateforme de lancement et a été installée dans la soute de Challenger par les équipes techniques.



Challenger est sur le point d'être redressée afin d'être hissée sur le réservoir central de couleur brun rouille.

Configuration de la mission 51-L

External Tank

Configuration

Référence: ET-26 (LWT-19)

Le réservoir externe de la navette spatiale, élément central du système de lancement, mesure environ 46,88 mètres de long pour un diamètre de 8,5 mètres. Il sert à alimenter les trois moteurs principaux de l'orbiter en oxygène (refroidi à - 180°C) et en hydrogène (refroidi à - 270°C) liquides lors de l'ascension. Conçu pour être largué et détruit dans l'atmosphère après son utilisation, il se compose de trois sections principales : le réservoir d'oxygène liquide à l'avant, l'intertank au centre reliant les deux réservoirs, et le réservoir d'hydrogène liquide à l'arrière. Pour maintenir la température des ergols, il est recouvert d'un isolant en mousse pulvérisée de couleur orange.

Solid Rocket Booster

Configuration

Référence: BI-026 (SRM-025)

Les boosters de la navette spatiale sont les plus grands et les plus puissants jamais construits pour un usage réutilisable. Mesurant 45,46 mètres de long pour un diamètre de 3,71 mètres, chaque booster fournit une poussée de 12,5 MN au décollage, représentant environ 83 % de la force totale nécessaire pour arracher la navette du sol. Remplis de propergol solide, ils fonctionnent durant les 2 premières minutes du vol avant d'être largués à environ 45 km d'altitude, puis récupérés dans l'océan grâce à des parachutes. Après leur récupération, ils sont inspectés, rénovés et réutilisés pour de futures missions, contribuant ainsi à la réduction des coûts du programme spatial.

La mission 51-L en chiffres

Masse

Orbiter sans charge utiles: 80,01 tonnes

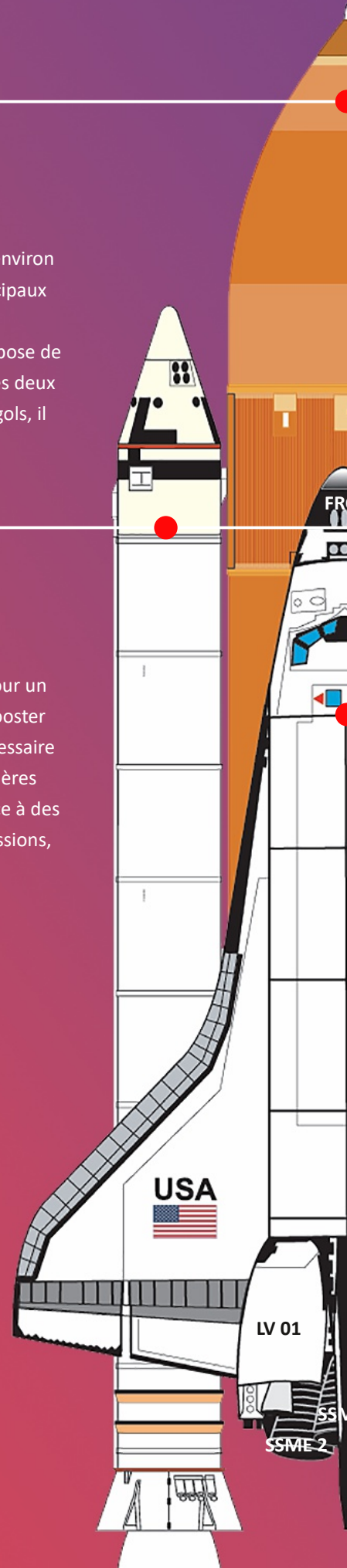
TDRS-B avec son moteur IUS: 17,07 tonnes

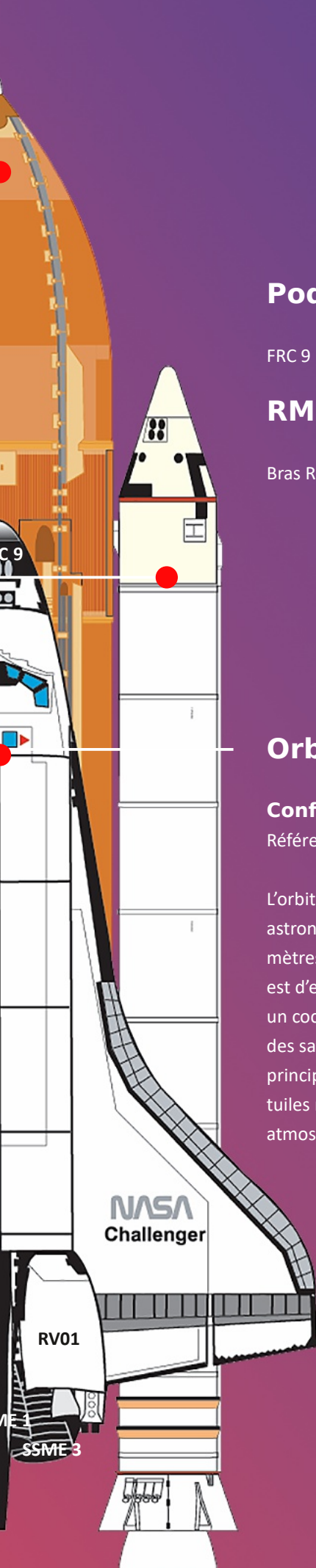
Total de la charge utile incluant les expériences en cabine: 21,94 tonnes

Orbiter au décollage: 121,78 tonnes

Orbiter à l'atterrissage: 90,58 tonnes

Masse totale du véhicule (orbiter + ET + SRB): 2 054,32 tonnes





Pod RCS (Reaction Control System)

FRC 9 (10ème utilisation)

RMS (Remote Manipulation System)

Bras RMS 302 (5ème utilisation)

Orbiter

Configuration

Référence: OV-099 Challenger

L'orbiter de la navette spatiale est la partie réutilisable du système, conçue pour transporter des astronautes et du matériel en orbite avant de revenir sur Terre comme un planeur. Il mesure 37,24 mètres de long, avec une envergure de 23,79 mètres et une hauteur de 17,25 mètres. Son poids à vide est d'environ 78 tonnes, mais il peut atteindre plus de 110 tonnes une fois chargé. L'orbiter comprend un cockpit pressurisé pour l'équipage, une soute d'environ 18 mètres de long capable de transporter des satellites, des modules scientifiques ou des équipements pour l'ISS, ainsi que trois moteurs principaux alimentés par le réservoir externe. Il est protégé par un bouclier thermique composé de tuiles réfractaires qui lui permettent de résister aux températures extrêmes de la rentrée atmosphérique, avant d'atterrir sur une piste comme un avion.

Pod OMS (Orbital Maneuvering System)

Left Pod 02 - LV 01 (7ème utilisation)

Right Pod 02 - RV 01 (7ème utilisation)

SSME (Space Shuttle Main Engines)

SSME 1: numéro 2023 (5ème utilisation)

SSME 2: numéro 2020 (6ème utilisation)

SSME 3: numéro 2021 (6ème utilisation)



V. LA MISSION

LE LANCEMENT

Vingt-huit janvier 1986, Challenger décolle pour la 10ème fois de sa carrière.

LA NASA face aux aléas techniques et météorologiques

Les retards de la mission 61-C qui affectent 51-L

Initialement prévue pour le 22 décembre 1985, la mission 61-C de la navette Columbia est avancée au 18 décembre afin de permettre au personnel de passer Noël en famille. Cependant, ce jour-là, le lancement est repoussé de 24 heures pour finaliser des travaux sur le compartiment arrière de la navette.

Le 19 décembre, la NASA interrompt la tentative de décollage à T-14 secondes en raison d'une surpression dans la turbine du circuit hydraulique contrôlant l'orientation de la tuyère d'un SRB, nécessitant plusieurs jours de réparations.

Le 23 décembre, la NASA décide de repousser le lancement de la mission 51-L, initialement prévu pour le 22 janvier 1986, au 23 janvier. Ce changement est directement lié aux multiples reports du vol 61-C en décembre, qui perturbent la planification des opérations au Kennedy Space Center.

Le 6 janvier 1986, une nouvelle tentative pour lancer Columbia est annulée à T-31 secondes en raison d'un problème sur la vanne d'alimentation en oxygène liquide du moteur SSME n°2. Le défaut est corrigé et un nouveau lancement est prévu le lendemain, mais les conditions météorologiques défavorables sur les sites d'atterrissage de secours à Dakar (Sénégal) et Morón (Espagne) entraînent un report au 9 janvier.

Le 8 janvier, des prévisions météorologiques défavorables et un nouveau problème de vanne sur le moteur n°2 forcent la NASA à repousser la tentative de lancement au 10 janvier. La météo ne s'étant pas améliorée, le lancement est repoussé de 48 heures supplémentaires. C'est finalement le 12 janvier que Columbia s'élance du Kennedy Space Center pour la mission



En avant plan, Columbia sur le pas de tir 39A pour la mission 61-C et en arrière plan, l'arrivée de Challenger sur le 39B.

61-C avec près d'un mois de retard.

Le 15 janvier se tient la Flight Readiness Review, réunion de premier niveau destinée à valider la préparation de la mission 51-L. Elle examine les points techniques ayant suscité des questions et permet de confirmer que les équipements, procédures et plans de vol ont été vérifiés, certifiés et jugés prêts pour le lancement. Présidée par Jesse W. Moore, administrateur associé de la NASA pour les vols spatiaux, elle rassemble l'ingénieur en chef de l'agence, le directeur du programme, les responsables des centres Johnson, Marshall et Kennedy, ainsi que plusieurs représentants des principaux contractants impliqués dans le programme. À l'issue de cette réunion, le lancement de Challenger est confirmé pour le 23 janvier 1986 à 19 heures 43 UTC.

Pour limiter l'impact des retards accumulés sur le calendrier, la NASA décide d'avancer d'une journée le retour de Columbia, prévu initialement le 17 janvier. Le mauvais temps au Kennedy Space Center empêche toutefois l'atterrissage, ce qui conduit à prolonger la mission de 24 heures. Le lendemain, les conditions météorologiques restent défavorables, retardant à nouveau le retour sur Terre de la navette.

Le 18 janvier, la situation ne s'améliore pas et aucune tentative d'atterrissage en Floride n'est envisageable. Face à l'impossibilité de ramener Columbia au KSC, la NASA choisit de faire atterrir la navette sur la base d'Edwards, en Californie. Ce déroutement complique l'organisation des équipes et retarde la préparation de Columbia pour sa mission suivante.

La mission 51-L cumule aussi les retards

Le 22 janvier, la NASA annonce un report du lancement de Challenger, qui devait avoir lieu le lendemain. Le vol est repoussé de quelques jours en raison des contraintes opérationnelles provoquées par le retour tardif de Columbia qui mobilise encore du personnel et des équipements au KSC.

Le 25 janvier, la NASA organise la réunion appelée L-1 Mission Management Team meeting, destinée à faire le point sur la situation à 24 heures du lancement. Les responsables confirment que les problèmes signalés durant la préparation ont été résolus et qu'aucun élément technique ne remet en cause la mission. Rien ne s'oppose donc à l'envol de Challenger. Toutefois, un nouvel obstacle apparaît : les prévisions météorologiques annoncées pour le 26 janvier sont défavorables, non seulement au Kennedy Space Center, mais aussi sur le site d'atterrissage d'urgence prévu à Dakar, au Sénégal. De violentes tempêtes de poussière rendent cette piste inutilisable, ce qui compromet un éventuel retour d'urgence de la navette en cas de problème durant l'ascension.

Le même jour, un incident se produit sur le pas de tir : le réservoir externe est accidentellement percuté par le bras d'un appareil de levage, provoquant une entaille superficielle sur l'isolant thermique collé sur la paroi. Heureusement, les dommages sont jugés sans conséquence.

A défaut de pouvoir utiliser Dakar, la NASA se tourne vers Casablanca dans l'éventualité d'un atterrissage forcé. Ce choix nécessite d'adapter le créneau de tir car la piste ne dispose pas des équipements pour accueillir Challenger de nuit. Le lancement est ainsi reporté au 27 janvier 1986 à 15 heures 37 UTC, une heure permettant d'assurer des conditions optimales de luminosité pour une éventuelle interruption de mission.

Le 27 janvier, la tentative de lancement de la mission 51-L est retardée à la suite d'un problème technique sur la trappe d'accès extérieur de la navette. Lors de l'embarquement de l'équipage, l'équipe au sol détecte un dysfonctionnement sur l'un des capteurs indiquant la fermeture correcte de la trappe. En tentant de retirer une protection située sur celle-ci, les techniciens se heurtent à un autre problème: un boulon détérioré bloque le mécanisme et empêche son retrait. Pour résoudre la situation, les techniciens essaient d'abord d'utiliser une perceuse portable, mais la batterie est à plat et l'outil est inutilisable. Faute d'autre solution immédiate, l'équipe se résout à scier manuellement le boulon, une opération longue et fastidieuse qui nécessite près d'une heure et demie. Une fois l'intervention terminée, la trappe est sécurisée et l'indicateur de fermeture valide son étanchéité, ce qui permet de reprendre le compte à rebours.

Alors que le problème de trappe était sur le point d'être résolu, un vent de travers de 54 km/h s'est levé, dépassant les limites

autorisées fixées à 22 km/h pour un retour d'urgence sur la piste du Kennedy Space Center. À 17 h 36 UTC, la NASA décide de reporter le lancement en raison de ces vents latéraux.

« Go for launch »

Pour mieux comprendre le déroulement des événements qui vont suivre, il est utile de présenter les principaux acteurs impliqués ainsi que leurs rôles au sein des différents centres ou sous-traitants.

Marshall Spaceflight Center - NASA

George B. Hardy (Deputy Director, Science and Engineering)
Judson A. Lovingood (Deputy Manager, Shuttle Projects Office)
Leslie F. Adams (Deputy Manager, SRB Project)
Lawrence O. Wear (Manager, SRM Project Office)
John Q. Miller (Technical Assistant, SRM Project)
J. Wayne Littles (Associate Director for Engineering)
Robert J. Schwinghamer (Director, Material and Processes Laboratory)
Wilbur A. Riehl (Chief, Nonmetallic Materials Division)
John P. McCarty (Deputy Director, Structures and Propulsion Laboratory)
Ben Powers (Engineering Structures and Propulsion Laboratory)
James D. Smith (Chief Engineer, SRB Program)
Keith E. Coates (Chief Engineer, Special Projects Office)
John Schell (Retired Engineer, Materials Laboratory)

Personnel Morton Thiokol présent au MSFC

Boyd C. Brinton (Manager, Space Booster Project)
Kyle Speas (Ballistics Engineer)

Morton Thiokol Wasatch Division

Jerald E. Mason (Senior Vice President, Wasatch Operations)
Calvin G. Wiggins (Vice President and General Manager, Space Division)
Joseph C. Kilminster (Vice President, Space Booster Programs)
Robert K. Lund (Vice President, Engineering)
Larry H. Sayer (Director, Engineering and Design)
A. William Macbeth (Manager, Case Projects, Space Booster Project Engineering)
Donald M. Ketner (Supervisor, Gas Dynamics Section and Head Seal Task Force)
Roger M. Boisjoly (Member, Seal Task Force)
Arnold R. Thompson (Supervisor, Rocket Motor Cases)
Jack R. Kapp (Manager, Applied Mechanics Department)
Jerry Burn (Associate Engineer, Applied Mechanics)
Joel F. Maw (Associate Scientist, Heat Transfer Section)
Brian G. Russell (Manager, Special Projects, SRM Project)
Robert Ebeling (Manager, Ignition System and Final Assembly, SRB Project)

Présents au Kennedy Space Center

Personnel Morton Thiokol présent au KSC

Allan J. McDonald (Director, SRM Project)

Jack Buchanan (Manager, KSC Operations)

Personnel Marshall Spaceflight Center présent au KSC

Cecil Houston (MSFC Resident Manager)

Stanley R. Reinartz (Manager, Shuttle Projects Office)

Lawrence B. Mulloy (Manager, SRB Project)

La nuit où tout a basculé

Vers 18 h UTC, le report du lancement de Challenger est suivi d'une réunion d'environ une demi-heure au cours de laquelle l'ensemble du personnel concerné, incluant les chefs de projet de la NASA et les sous-traitants, est consulté pour évaluer la possibilité d'un lancement dans les 24 heures. Aucune objection n'étant formulée, Challenger est déclarée « Go for launch » pour le 28 janvier à 9 h 38 heure locale (14 h 38 UTC), avec la consigne donnée à tous les participants de signaler toute contrainte éventuelle, ce qui n'a rien de particulier pour le lancement d'une navette spatiale.

Le service météorologique de la NASA indique que le vent devrait faiblir, mais les prévisions établies douze heures avant le décollage annoncent des températures de -7°C (24°F) sur le pas de tir pour la matinée du 28 janvier.

Au Kennedy Space Center, Lawrence O. Wear interroge Boyd C. Brinton pour savoir si Morton Thiokol Incorporation (MTI) a exprimé des inquiétudes concernant les basses températures prévues et ce que le motoriste avait indiqué à propos des effets du froid après le vol 51-C de janvier 1985. Brinton, n'ayant pas l'information, contacte Arnold R. Thompson et d'autres employés de Morton Thiokol pour leur demander d'évaluer la situation à partir des prévisions météorologiques. Robert Ebeling et d'autres ingénieurs sont informés et sollicités pour une évaluation de la situation.

Les basses températures représentent un sujet de préoccupation pour Morton Thiokol depuis plusieurs mois. En janvier 1985, la navette Discovery avait été lancée pour la mission 51-C alors qu'il faisait 11°C (53°F), mais la température était descendue sous 0°C durant la nuit précédente. Après la récupération des deux boosters, les ingénieurs ont réalisé l'inspection détaillée habituelle, au cours de laquelle les joints toriques, chargés d'empêcher les gaz chauds de s'échapper des jonctions des SRB, ont montré une érosion importante ainsi que des fuites entre les joints primaire et secondaire. À la suite de cet incident, les ingénieurs de MTI ont signalé la défektivité des joints à plusieurs reprises, l'effet du froid sur leur comportement et les conséquences possibles d'un lancement réalisé par de basses températures.

Vers 19 h UTC, la NASA Mission Management Team s'est réunie pour faire le point sur la météo. Y étaient présents la hiérarchie des niveaux 1 et 2 de l'agence spatiale (Jesse W. Moore, Arnold D. Aldrich et Dr. William R. Lucas) ainsi que les gestionnaires de programme, notamment Lawrence B. Mulloy, et le personnel contractuel appropriés. La discussion porte sur la température au niveau du pas de tir et sur les conditions météorologiques prévues pour le lancement. Des problèmes ont été soulevés concernant l'impact du froid sur les installations de lancement, notamment les canalisations d'eau, le système de lavage oculaire et les douches, le système d'extinction d'incendie et les bacs de récupération d'eau sous pression. Il a été décidé d'activer les réchauffeurs de l'orbiter, mais aucune inquiétude n'a été exprimée quant aux joints toriques des boosters de la navette. La décision a été prise de poursuivre le compte à rebours et le remplissage du réservoir externe, mais tous les membres de l'équipe ont été invités à suivre la situation et à signaler tout problème.

Alors que la réunion touchait à sa fin au Kennedy Space Center, une autre séance de travail s'ouvrait à Brigham City, dans

l'Utah, au siège de Morton Thiokol, à l'initiative de Robert Ebeling. C'est durant cet échange que l'ingénieur Roger M. Boisjoly prend connaissance des prévisions de température pour les heures à venir. La réunion dure environ une heure et se conclut sur un constat : les valeurs annoncées sont largement inférieures à toutes celles figurant dans les modèles enregistrés dans la base de données.

Après sa réunion, Ebeling appelle son supérieur, Allan J. McDonald, pour lui faire part de son inquiétude concernant les performances des joints toriques des SRB par basses températures. McDonald lui répond qu'il lui transmettra les dernières prévisions météorologiques jusqu'à l'heure du lancement. Carver Kennedy, qui se trouvait chez McDonald au moment de l'appel d'Ebeling, contacte le Launch Operations Center en Floride et obtient les derniers bulletins météo. McDonald les envoie au siège de Morton Thiokol et demande aux ingénieurs de se préparer en vue d'une téléconférence. Il est alors un peu plus de 21 h UTC.

McDonald appelle ensuite Cecil Houston pour l'informer que les ingénieurs ont des inquiétudes concernant la température des joints toriques. Houston propose d'organiser une téléconférence avec le Marshall Space Flight Center pour signaler le problème. Il contacte immédiatement Judson A. Lovingood pour lui transmettre les préoccupations et lui demande d'organiser une téléconférence réunissant Stanley R. Reinartz, Lawrence B. Mulloy, George B. Hardy du centre spatial Marshall ainsi que le personnel de la division Wasatch de Morton Thiokol. Lovingood appelle Reinartz pour l'informer qu'une téléconférence est prévue à 17 h 45 (22 h 45 UTC) et propose que James E. Kingsbury y participe également.

Comme prévu, la téléconférence débute à 22 h 45 UTC et porte sur les effets des basses températures sur les joints toriques. Le motoriste recommande de retarder le lancement jusqu'à midi, voire jusqu'en début d'après-midi, afin que la température soit plus élevée. N'ayant disposé que de très peu de temps pour préparer leur intervention, les ingénieurs ne sont pas en mesure d'étayer leurs préoccupations. Il est alors décidé d'organiser une nouvelle téléconférence à 20 h 15 (00 h 15 UTC) afin de transmettre l'ensemble des données aux différents participants et d'associer un plus grand nombre de responsables. Lovingood demande à Reinartz d'inclure Dr. William R. Lucas et James E Kingsbury, deux hauts responsables du centre spatial Marshall, pour la prochaine téléconférence.

Vers 23 h 30 UTC, Lovingood contacte à nouveau Reinartz pour lui indiquer que si Morton Thiokol maintient sa position, le lancement ne pourra avoir lieu. Il lui suggère également d'informer Arnold D. Aldrich (niveau 2) de la téléconférence, afin de préparer la réunion de niveau 1 au cours de laquelle une éventuelle recommandation de report sera présentée. Chose qui ne sera jamais faite, Reinartz jugeant que la question avait été réglée de manière satisfaisante au terme de la seconde téléconférence.

Après cet appel téléphonique, Reinartz et Mulloy se rendent dans les chambres de motel de Lucas et Kingsbury pour les informer des préoccupations de Morton Thiokol et de la téléconférence qui devrait avoir lieu à 00 h 15 UTC.

C'est finalement à 00 h 45 UTC que la seconde téléconférence démarre. L'équipe de Morton Thiokol s'est étoffée pour être constituée de quatre vice-présidents et dix ingénieurs. Robert K. Lund présente une série de graphiques retraçant l'historique de l'érosion des joints toriques et des phénomènes de blow-by (fuite de gaz chauds) observés sur le joint primaire des segments des boosters. Ces documents incluent les résultats des essais sur maquettes réduites, les données issues de vols précédents ainsi que celles provenant des essais statiques des boosters. Les informations présentées montrent que les basses températures altèrent les propriétés physiques des joints, réduisant leur capacité à se dilater assez rapidement pour assurer l'étanchéité lors de l'allumage. Le cas le plus problématique relevé est celui du SRM 15 lors de la mission 51-C en janvier 1985, où les températures des joints étaient de 53 °F (11,6 °C), ce qui avait entraîné le blow-by le plus important observé jusqu'alors.

À la lumière de ces données, Lund recommande de ne pas lancer tant que la température des joints n'atteint pas au minimum 53 °F, cette valeur correspondant à la température la plus basse enregistrée lors d'un lancement. Mulloy demande alors l'avis de Joe C. Kilminster qui déclare que, sur la base de ces recommandations, il ne peut approuver le lancement. Selon les témoignages ultérieurs de McDonald et Boisjoly, George B. Hardy réagit vivement en affirmant être « *consterné* » par la recommandation de Morton Thiokol mais qu'il n'irait pas à l'encontre de l'avis d'un sous-traitant. Quant à Reinartz, il exprime son étonnement en soulignant que, selon ses informations, les propulseurs d'appoint sont certifiés pour fonctionner entre

RECOMMENDATIONS :

- ° O-RING TEMP MUST BE ≥ 53 °F AT LAUNCH
DEVELOPMENT MOTORS AT 47° TO 52° F WITH
PUTTY PACKING HAD NO BLOW-BY
SRM 15 (THE BEST SIMULATION) WORKED AT 53 °F
- ° PROJECT AMBIENT CONDITIONS (TEMP & WIND)
TO DETERMINE LAUNCH TIME

Les recommandations de Thiokol stipulant que la température du joint doit être égale ou supérieure à 53 °F. A noter que le motoriste utilise le terme SRM-15 (Solid Rocket Motor) pour parler des boosters de la mission 51C (15ème du programme)

40 °F et 90 °F (4 °C à 32 °C). Mais c'est Lawrence B. Mulloy qui réagit avec le plus d'impatience. Exaspéré par les réticences du motoriste, il lâche : « *Bon Dieu, Thiokol, quand voulez-vous que je lance, en avril ?* ». Face à cette pression du centre spatial Marshall, Joseph C. Kilminster demande une pause de cinq minutes pour permettre à son équipe de discuter en interne.

Le caucus organisé chez le motoriste réunit notamment Jerald E. Mason, Joseph C. Kilminster, Robert K. Lund, Arnold R. Thompson, Roger M. Boisjoly et Robert Ebeling. La réunion interne se prolonge environ trente minutes dans les locaux de Wasatch. Deux points majeurs concentrent les échanges : l'effet des basses températures sur le comportement des joints toriques et l'ampleur de l'érosion observée sur ces mêmes joints lors des vols précédents.

Au fil de la discussion, Thompson et Boisjoly réaffirment clairement leur opposition à un lancement dans ces conditions et tout indique que Lund partage également cette réticence. Une revue finale est alors menée, mais cette fois uniquement entre les responsables Mason, Lund, Kilminster et Wiggins, écartant les ingénieurs.

C'est au cours de cet échange restreint que Mason demande à Lund d' « *enlever sa casquette d'ingénieur et de mettre celle de manager* », l'invitant ainsi à s'écarter de son rôle strictement technique. La conclusion adoptée à l'issue de cette revue repose sur deux arguments : d'une part, la marge de sécurité concernant l'érosion du joint primaire est jugée suffisante, estimée à trois fois le pire cas rencontré jusqu'ici ; d'autre part, même si le joint primaire venait à ne pas assurer l'étanchéité, le joint secondaire est considéré comme correctement positionné et capable de prendre le relais. À l'issue de ce caucus où les échanges ont été très houleux, Morton Thiokol retire son objection au lancement.

Pendant ce temps, au Kennedy Space Center, McDonald poursuit son plaidoyer en faveur d'un report du lancement. Il remet en question l'argument de Reinartz selon lequel les propulseurs d'appoint sont certifiés pour fonctionner entre 40°F et 90°F, soulignant que cette qualification ne prend pas en compte les effets spécifiques du froid sur les joints toriques. Il conteste également l'explication de Mulloy, qui affirme que la température moyenne du booster reste dans les limites spécifiées, en faisant valoir que ce paramètre n'est pas directement lié aux performances des joints d'étanchéité dans des conditions de froid extrême.

À 04 heures UTC, la téléconférence reprend et Morton Thiokol informe la NASA qu'elle a réévalué la situation. Bien que les effets de la température sur les joints toriques restent une préoccupation, les données disponibles sont jugées non concluantes. Kilminster lit alors la justification technique soutenant la recommandation de lancement. Hardy demande que cette position soit mise par écrit et transmise par fax au Kennedy Space Center et Marshall Spaceflight Center. Ce qui sera fait à l'issue de la téléconférence. Kilminster envoie le document à 4 h 45 UTC, signé de sa main. McDonald, toujours contre le lancement, ayant refusé de la signer lui-même.

L'agence spatiale américaine ne reviendra jamais officiellement sur le brusque changement de position de Morton Thiokol. Toutefois, le contexte financier de l'époque pourrait avoir influencé la décision du motoriste d'approuver finalement le lancement. MTI était alors en pleine renégociation de son contrat avec la NASA : un engagement de quinze ans, évalué à un milliard de dollars, pour la fourniture des boosters de la navette spatiale. Depuis le début du programme, l'entreprise en était l'unique fournisseur et elle craignait visiblement que la NASA envisage de se tourner vers un concurrent.

Alors que Morton Thiokol s'est rangé du côté de la NASA en approuvant le lancement, certains responsables continuent d'argumenter pour un report. C'est le cas de McDonald qui s'appuie sur trois raisons : le comportement des joints toriques par temps froid, la trajectoire des navires de récupération poussés vers la côte par les vents et la forte houle, et la présence de glace sur l'aire de lancement. Il souligne que si un incident devait survenir, il ne souhaite pas avoir à l'expliquer devant une commission d'enquête. On lui répond que ce n'est pas à lui d'en décider et que ses remarques seront simplement transmises à titre consultatif.

La téléconférence s'achève vers 5 h UTC sur des discussions concernant l'activité des navires de récupération, ainsi que sur les conditions de glace autour du pas de tir.

Ci-dessous, le fax signé et envoyé par Joe C. Kilminster à l'issue de la seconde téléconférence confirmant la position de Morton Thiokol en faveur du lancement de Challenger le lendemain.

Sur la page de droite, la chaîne décisionnelle au sein de la NASA concernant l'autorisation de lancement, limitée au volet Solid Rocket Boosters.

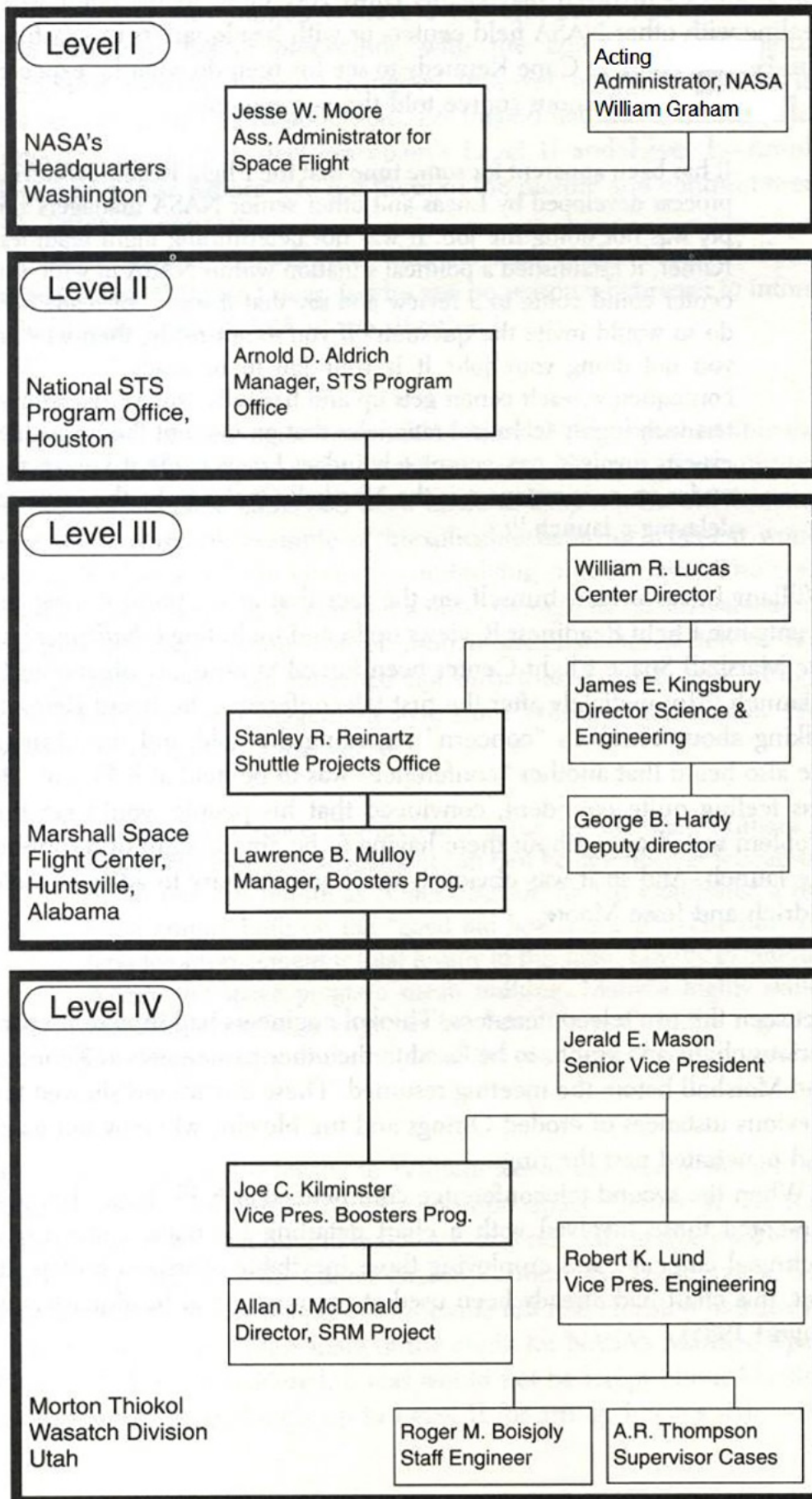
MTI ASSESSMENT OF TEMPERATURE CONCERN ON SRM-25 (51L) LAUNCH

- 0 CALCULATIONS SHOW THAT SRM-25 O-RINGS WILL BE 20° COLDER THAN SRM-15 O-RINGS
- 0 TEMPERATURE DATA NOT CONCLUSIVE ON PREDICTING PRIMARY O-RING BLOW-BY
- 0 ENGINEERING ASSESSMENT IS THAT:
 - 0 COLDER O-RINGS WILL HAVE INCREASED EFFECTIVE DUROMETER ("HARDER")
 - 0 "HARDER" O-RINGS WILL TAKE LONGER TO "SEAT"
 - 0 MORE GAS MAY PASS PRIMARY O-RING BEFORE THE PRIMARY SEAL SEATS (RELATIVE TO SRM-15)
 - 0 DEMONSTRATED SEALING THRESHOLD IS 3 TIMES GREATER THAN 0.038" EROSION EXPERIENCED ON SRM-15
 - 0 IF THE PRIMARY SEAL DOES NOT SEAT, THE SECONDARY SEAL WILL SEAT
 - 0 PRESSURE WILL GET TO SECONDARY SEAL BEFORE THE METAL PARTS ROTATE
 - 0 O-RING PRESSURE LEAK CHECK PLACES SECONDARY SEAL IN OUTBOARD POSITION WHICH MINIMIZES SEALING TIME
- 0 MTI RECOMMENDS STS-51L LAUNCH PROCEED ON 28 JANUARY 1986
 - 0 SRM-25 WILL NOT BE SIGNIFICANTLY DIFFERENT FROM SRM-15


JOE C. KILMINSTER, VICE PRESIDENT
SPACE BOOSTER PROGRAMS

MORTON THIOKOL, INC.
Wasatch Division

Launch Decision Chain Regarding the Solid Rocket Boosters



Les derniers préparatifs dans un froid polaire

Il est important d'expliquer le rôle du Launch Director dans la décision finale. Le directeur de lancement, James A. Thomas, s'appuie exclusivement sur les Launch Commit Criteria, le document de référence utilisé pour autoriser ou non un décollage. Dans le cas de Challenger, ces critères ne mentionnent aucune exigence de température minimale de 53 °F pour les joints des propulseurs d'appoint. En l'absence d'une telle règle formelle, cette contrainte n'entre pas directement dans la décision de lancement, bien que les températures prévues pour la nuit et la matinée du 28 janvier soient nettement inférieures à celles observées lors des missions précédentes.

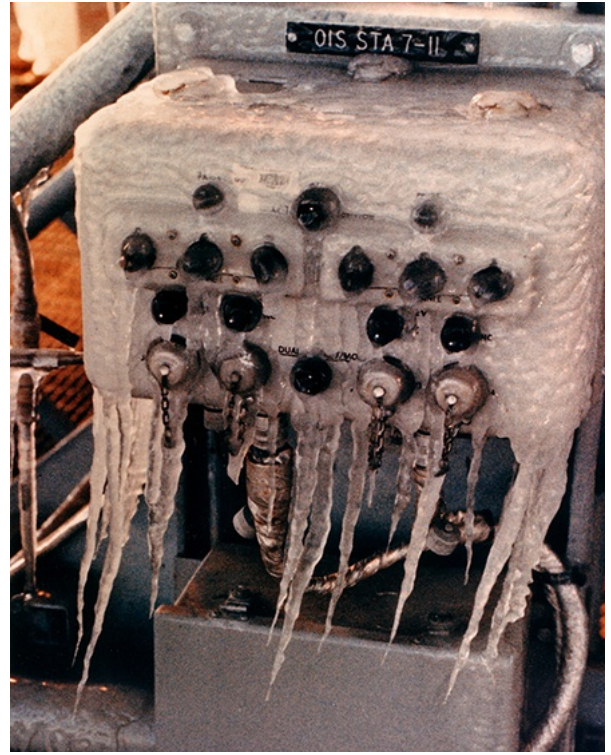
Par ailleurs, le Launch Director n'est pas informé des discussions techniques ayant eu lieu entre la NASA et Morton Thiokol au sujet des joints toriques. Ces échanges se déroulent en amont, au niveau des centres et des sous-traitants, sans être formellement remontés dans les critères de lancement. Dans ces conditions, et en l'absence de violation explicite des Launch Commit Criteria, le compte à rebours se poursuit. Il en va de même pour le Flight Director, Jay H. Greene, dont le rôle se limite à superviser une mission de la navette spatiale une fois que celle-ci décolle et jusqu'à son atterrissage.

Dans la nuit du 27 au 28 janvier, un vent glacial souffle du nord-ouest. Sa vitesse moyenne est de 14 km/h, avec des rafales atteignant 30 km/h. La température chute à $-4,4^{\circ}\text{C}$, créant des conditions météorologiques préoccupantes pour le lancement de la mission 51-L. Le plan de protection contre le gel de la rampe de lancement est alors activé. Il prévoit normalement la vidange complète du système d'eau pour empêcher la formation de glace. Toutefois, en raison de l'imminence du lancement, cette procédure n'a pas pu être appliquée. Une solution alternative est adoptée : laisser l'eau s'écouler lentement des canalisations afin de prévenir le gel. Cette méthode, jamais testée auparavant, s'avère inefficace face aux conditions climatiques extrêmes.

À 01 h 46 UTC, les techniciens travaillant sur Challenger signalent la présence de glace sur le pas de tir. De grandes plaques se sont formées au niveau de la structure fixe, notamment au niveau des accès aux nacelles des toboggans d'évacuation d'urgence de l'équipage. De la glace est également observée dans les réservoirs de récupération d'eau situés sous la navette.



L'équipe Ice Team en manoeuvre pour faire fondre la glace au pied de Challenger.



Vues montrant la présence de la glace sur la tour de lancement dans la matinée du 28 janvier 1986.

Bien que James A. Thomas, en sa qualité de Launch Director, détienne l'autorité opérationnelle finale, sa décision de procéder au lancement demeure tributaire de la validation technique de la Mission Evaluation Room (MER). Pour la mission 51-L, cette cellule d'expertise est placée sous la direction de Thomas L. Moser. À 04 h 39 UTC, après s'être concerté avec son équipe d'ingénieurs, Moser sollicite l'approbation du management pour lever la limite inférieure de 31 °F (0 °C) des critères de lancement si nécessaire, alors même que la température continue de chuter. Ce seuil technique de 31 °F ne représentait pas qu'un simple chiffre : il marquait le point critique où le gel des canalisations risquait de rendre les systèmes de sécurité totalement inopérants en cas d'urgence.

Parallèlement à cette dérogation, la MER décide d'activer préventivement les systèmes de chauffage des RCS (Reaction Control System). Cette mesure exceptionnelle visait à empêcher que ces petits moteurs-fusées, indispensables aux manœuvres orbitales de la navette, ne soient endommagés ou obstrués par le gel avant même d'avoir quitté le pas de tir.

Après avoir approuvé la dérogation proposée par la MER, Thomas donne son feu vert à 05 h 39 UTC pour le début du remplissage des réservoirs d'hydrogène et d'oxygène liquides.

À cet instant, une réunion se tient dans la salle Firing Room 2 du Kennedy Space Center, où la décision est prise de dépêcher une équipe d'inspection pour évaluer l'accumulation de glace sur les structures de lancement.

À 06 h 35 UTC, la mise en température du réservoir externe (étape préalable au remplissage) doit être interrompue. Cet arrêt est provoqué par une panne électrique affectant les systèmes de détection d'incendie et de fuites sur le pas de tir, ce qui retarde le lancement d'une heure. Tandis qu'une équipe de techniciens est envoyée sur place pour réparer les capteurs défectueux, l'Ice Team profite de cette interruption forcée pour entamer son inspection de la plateforme.

À 08 h 00 UTC, au retour de l'Ice Team, une nouvelle réunion est organisée dans la Firing Room 2. Il est décidé de poursuivre les opérations de remplissage du réservoir externe et de programmer une seconde inspection visuelle de la glace durant l'arrêt planifié du compte à rebours à H-3 heures. En effet, la mise en froid du réservoir et son remplissage en ergols cryogéniques provoquent une condensation immédiate qui gèle au contact des parois ; dans cet environnement déjà saturé par le froid, ce phénomène risque d'accroître massivement l'accumulation de glace sur la navette et ses installations de lancement.

À 10 heures 18 UTC, les astronautes de Challenger sont officiellement réveillés, bien qu'ils soient déjà debouts à cet instant. Initialement, le réveil était prévu plus tôt, mais en raison du retard dans le lancement, la NASA a décidé de leur accorder une heure supplémentaire de repos. Comme pour toutes les missions habitées américaines, les astronautes prennent leur petit-déjeuner devant les caméras avant d'enfiler leur équipement de vol. Ils reçoivent également un briefing météorologique. Ils découvrent alors les températures extrêmement basses et apprennent qu'il y a de la glace sur le pas de tir. Cependant, à aucun moment, ni lors de ce briefing ni dans les discussions météorologiques précédentes, l'équipage n'est informé des préoccupations concernant l'impact des basses températures sur la navette et notamment sur les joints des boosters. Selon les témoignages ultérieurs de certains proches des astronautes, ceux-ci pensaient que le lancement serait annulé en raison du froid extrême régnant sur place.

À 11 h 54 UTC, une seconde inspection visuelle est menée sur le pas de tir par l'« Ice Team ». Elle s'achèvera à 13 h 44 UTC, au moment même où l'équipe de soutien finit l'installation des astronautes dans la navette. Sous la responsabilité de Billy K. Davis, les inspecteurs procèdent à une série de relevés thermiques à l'aide d'un pyromètre infrarouge. Les résultats confirment l'ampleur du froid : le booster droit affiche une température de 25 °F (−4 °C) à l'arrière, tandis que celle du booster gauche chute à 8 °F (−13 °C). Bien que des plaques de glace soient repérées sur le segment inférieur et la jupe du booster gauche, l'« Ice Team » ne signale formellement aucune inquiétude. En l'absence de critère de lancement spécifique lié à la température de surface des composants, ces relevés alarmants ne sont pas considérés comme un motif d'interruption du compte à rebours.

Parallèlement aux préparatifs sur le pas de tir, la météo des sites d'atterrissage d'urgence est scrutée avec attention. À 12 h 30 UTC, le site de Casablanca, au Maroc, est déclaré « No Go » en raison d'un plafond nuageux bas accompagné de précipitations. Cette indisponibilité ne remet toutefois pas en cause la poursuite du compte à rebours, car le site transatlantique principal retenu pour cette mission demeure celui de Dakar, au Sénégal, où les conditions météo sont jugées acceptables. Enfin, la base aérienne d'Edwards, en Californie, reste désignée comme solution de secours dans l'éventualité où la navette ne parviendrait pas à s'insérer en orbite, tout en possédant une vitesse suffisante pour effectuer une révolution partielle autour de la Terre.

Au fil des heures, Morton Thiokol n'est plus le seul sous-traitant à s'inquiéter des basses températures. La Rockwell International Space Transportation Division, responsable de la conception et de la maintenance de l'orbiter, exprime à son tour des inquiétudes croissantes. Informés des conditions de givrage dès 12 h 00 UTC, les ingénieurs de Rockwell basés à Downey, en Californie, s'efforcent d'évaluer les risques liés aux débris. Menées sous la direction du Dr Rocco Petrone, leurs analyses se concentrent sur trois dangers : l'impact direct de la glace qui pourrait endommager le bouclier thermique de la navette, le risque de ricochet lors de l'allumage des moteurs principaux et le phénomène d'aspiration par les boosters.

À 13 h 45 UTC, constatant que la mission s'aventure dans un domaine technique inconnu, Rockwell informe ses responsables en Floride qu'elle ne peut recommander le lancement. Cette position est officiellement relayée par Robert M. Glaysher, vice-président de Rockwell pour les opérations à Kennedy, lors de la réunion du Mission Management Team à 14 h 00 UTC. Face à l'impossibilité de prédire la trajectoire des morceaux de glace ou l'étendue des dommages potentiels, Glaysher y déclare formellement que Rockwell n'est pas en mesure de garantir la sécurité du vol.

Pendant ce temps, les sept membres de l'équipage se préparent en vue d'embarquer à bord de Challenger. Une fois leur dernier déjeuner terminé, les astronautes revêtent leur équipement de vol avant de monter dans l'astrovan qui va les conduire jusqu'au pied de Challenger. À l'intérieur de la cabine, l'air est inhabituellement frais : le thermomètre n'affiche que 61 °F (16 °C), signe que le froid extérieur s'insinue jusque dans le vaisseau. Il faut exactement 33 minutes pour que l'ensemble de l'équipage soit sanglé à son siège, une opération qui s'achève à 13 h 36 UTC.

À 14 h 00 UTC, la Mission Management Team se réunit une dernière fois pour statuer sur le lancement. Malgré les mises en garde répétées de Rockwell, la décision de maintenir le décollage est confirmée. Le constructeur de l'orbiter réitère pourtant son inquiétude : la glace présente sur le pas de tir constitue une variable inconnue. Pour Rockwell, il est impossible de prédire la trajectoire de ces débris ou l'ampleur des dégâts qu'ils pourraient infliger au bouclier thermique. En conséquence, l'avionneur ne peut garantir la sécurité du vol à 100 %.



L'équipage de Challenger quittant le quartier des astronautes pour rejoindre le pas de tir en van.

À la demande d'Arnold D. Aldrich, une simulation de chute de glace est présentée. Elle suggère que les vents devraient dévier les fragments, les empêchant d'atteindre la navette. Cependant, Robert M. Glaysher (Rockwell) maintient son opposition : selon lui, le souffle de l'allumage des boosters rend toute trajectoire imprévisible. Face à cette incertitude, la NASA concède un compromis : le décollage est repoussé d'une heure pour favoriser la fonte de la glace et une ultime inspection visuelle par l'« Ice Team » est prévue à H0 – 20 minutes. Le lancement est désormais fixé à 16 h 38 UTC, soit 11 h 38 heure locale. Pour la mission 51-L, la NASA disposait d'un créneau de tir de 3 heures. En retardant l'heure du lancement, il ne restait plus qu'une heure de disponible pour parer à toutes éventualités techniques avant de devoir reporter à nouveau le décollage.

À 15 h 50 UTC, le directeur de vol Jay H. Greene confirme qu'aucun critère de lancement n'est officiellement enfreint, d'autant que la limite de température a été levée plus tôt dans la matinée par la Mission Evaluation Room. Ce constat technique lui permet de donner, à 16 h 23 UTC, le « Go » final pour le décollage.

À H0 – 00:09:00, après avoir examiné tous les paramètres, l'équipage de la mission 51-L ainsi que l'ensemble de l'équipe de lancement donnent leur feu vert pour la poursuite des opérations.

Au Kennedy Space Center, des milliers de spectateurs ont fait le déplacement pour assister au lancement de la navette Challenger. Parmi ces personnes, il y a les familles des sept astronautes. Ils sont installés dans un gradin qui jouxte la salle de contrôle d'où sont suivies toutes les opérations en vue du décollage.

Le compte à rebours d'une mission de la navette dure 43 heures, réparties sur plusieurs jours. Pendant ces 3 jours, des arrêts de chronologie sont prévus pour éventuellement rattraper des retards dans certaines opérations. Le dernier de ces arrêts a lieu H0 – 00:09:00. Juste avant, le directeur de lancement passe en revue les consoles des différents contrôleurs pour le « Go for launch ». A ce moment, le décompte est autonome et entièrement contrôlé par le Ground Launch Sequencer.

Jusqu'à H0, le lancement est supervisé depuis le Launch Control Center du Kennedy Space Center, sous la direction de James A. Thomas. Comme à son habitude, la NASA retransmet l'événement en direct sur NASA Television et s'appuie sur son service de presse, le Public Affairs Office, dirigé au Kennedy Space Center par Hugh Harris depuis quelques mois. Lorsqu'il prend sa retraite en 1998, il aura commenté 90 lancements. Pour la mission 51-L, il partage le micro avec sa collègue Lisa A. Malone, qui assure les commentaires jusqu'au départ des astronautes vers le pas de tir. De l'embarquement dans la navette jusqu'au décollage, c'est Hugh Harris qui prend le relais. Contrairement à Kourou, où le Directeur Des Opérations égrène le compte à rebours, ce rôle revient ici au commentateur et non au directeur des lancements.

À H0 – 00:07:30, le bras d'accès à l'orbiter est rétracté. En cas de problème, il peut revenir en position manuellement ou de manière automatique en 15 secondes. Ensuite et jusqu'à H0, toute une série d'opérations sont effectuées comme la purge des moteurs, la mise en route des piles à combustible ainsi que les générateurs APU pour la puissance hydraulique. Les ailerons, gouvernail et aérofreins sont mis en position de vol et les tuyères des moteurs SSME réalisent une série de manœuvres pour confirmer qu'elles sont opérationnelles.

À H0 – 00:02:50, le capuchon de dégazage d'oxygène du réservoir extérieur est relevé et le bras rétracté contre la tour.

À H0 – 00:00:10, c'est le « Go for main engines start ». Les moteurs SSME sont prêts pour l'allumage. À ce moment, des chalumeaux projetant des étincelles, situés sur la plate-forme de lancement, enflamment les restes d'hydrogène gazeux qui coulent au travers des tuyères des moteurs, afin d'éviter une explosion au moment de l'allumage proprement dite.

À partir de H0 – 00:00:06,6, les trois moteurs SSME s'allument à 120 ms d'intervalles. En trois secondes, ils atteignent 90% de puissance. Le haut du réservoir externe se déplace de 65 cm à cause de la poussée des moteurs de la navette, qui pour l'instant est encore boulonnée au sol, avant de revenir en position neutre, à la verticale pour le décollage.

Et décollage de la 25ème mission d'une navette spatiale



A 11 heures 38, heure locale, la navette Challenger prend son envol pour la dernière fois de sa carrière.

À H0, aucune anomalie n'est détectée. Les deux boosters sont allumés et la navette décolle.

Au bout de 4 secondes de vol, le régime des moteurs principaux SSME passe de 90 % à 104 % de la poussée nominale afin de compenser la masse à soulever, mais ils sont certifiés pour fonctionner à 109 %. Du décollage jusqu'au moment où la navette franchit MaxQ, la puissance des moteurs est adaptée de façon à réduire au maximum les contraintes sur la structure de la navette.

À H0 + 00:00:07, Challenger dépasse la tour. Le Launch Control Center du Kennedy Space Center passe le relai au Mission Control Center du Johnson Space Center à Houston au Texas pour la suite de la mission. Au même instant, la navette entame une manœuvre de roulis pour s'orienter vers son orbite. Elle s'incline sur le dos et suit une trajectoire à 28,45° nord. C'est à ce moment précis que les premiers échanges radio entre l'équipage et Houston ont lieu :

Francis R. Scobee : « *Houston, Challenger roll program.* »

Capcom : « *Roger roll, Challenger.* »

Le Johnson Space Center, créé en 1961, est le centre de la NASA chargé de la supervision des missions habitées. Depuis ses salles Mission Control Center, il assure le suivi en temps réel des missions habitées depuis le décollage jusqu'au retour sur Terre. Pour 51-L, Jay H. Greene occupe le poste de Flight Director (directeur de mission) et supervise la première phase de la mission. Les communications avec l'équipage passent exclusivement par le Capcom (Capsule Communicator), unique intermédiaire entre les contrôleurs et les astronautes, un rôle toujours confié à un astronaute. Pour cette mission, Richard O. Covey assume cette fonction, assisté par Frederick D. Gregory. Comme au Kennedy Space Center, le Johnson Space Center dispose également de ses propres commentateurs. Une fois le suivi de la mission transféré du KSC au JSC, Steve Nesbitt prend le relais de Hugh Harris pour assurer les commentaires.

À la vingtième seconde de vol, les moteurs SSME commencent à réduire leur puissance en prévision du passage à MaxQ, passant de 104 % à 94 %. Leur poussée continue de diminuer jusqu'à atteindre 65 % à la trente-cinquième seconde. Cinq secondes plus tard, Challenger dépasse le mur du son alors qu'elle franchit l'altitude de 5 800 mètres.

À H0 + 00:00:59, la navette arrive au point Max Q. En astronautique, ce terme correspond au moment où les forces aérodynamiques exercées sur la structure sont à leur paroxysme. Une fois cette phase critique passée, la puissance des moteurs remonte à 104 %, un régime qu'ils maintiendront jusqu'à la mise en orbite.

À H0 + 00:01:08, l'échange radio se poursuit normalement :

Capcom : « *Challenger, Go at throttle up.* »

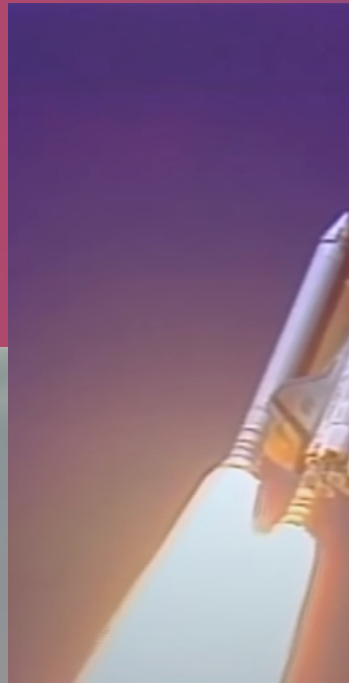
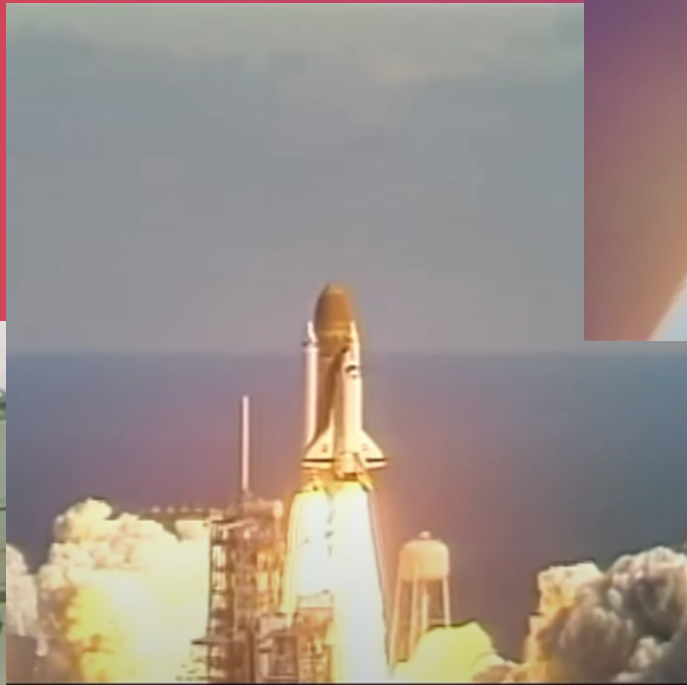
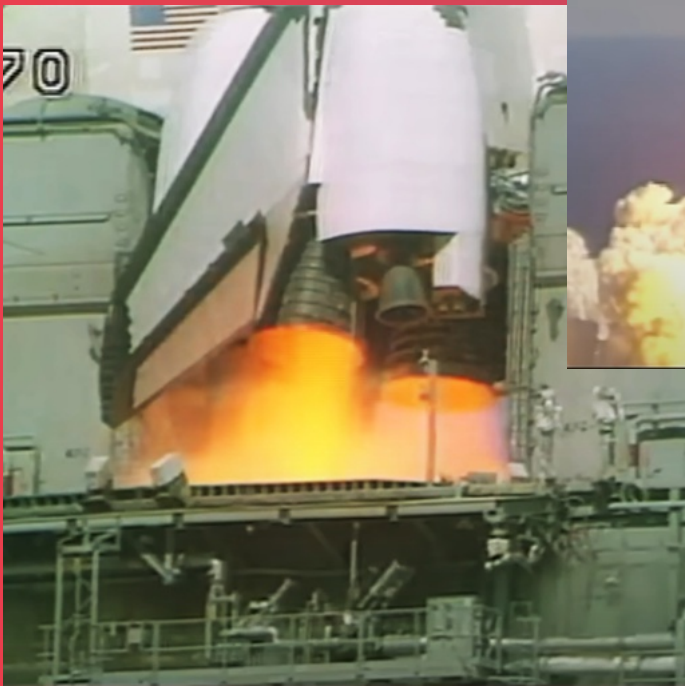
Francis R. Scobee : « *Roger, Go at throttle up.* »

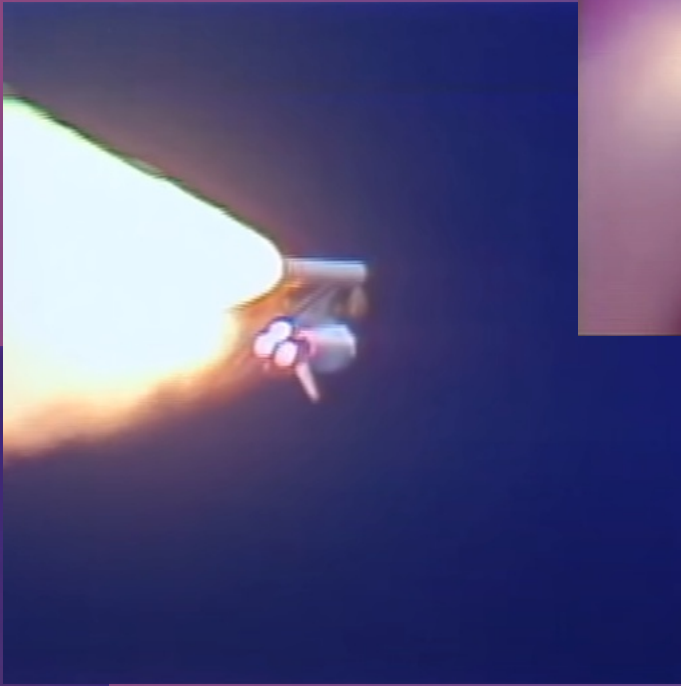
À H0 + 00:01:13, Challenger disparaît soudainement dans un épais nuage, d'où émergent deux larges traînées laissées par les boosters. D'autres traces plus fines s'élèvent brièvement avant de retomber.

D'abord, la foule rassemblée au Kennedy Space Center applaudit, croyant assister à la séparation normale des boosters. Pendant ce temps, au Johnson Space Center, Steve Nesbitt continue son commentaire en s'appuyant sur les données techniques qu'il reçoit, sans se rendre compte de la catastrophe qui se jouait au même instant :

« *One minute 15 seconds. Velocity 2,900 feet per second. Altitude nine nautical miles. Downrange distance seven nautical miles.* »

En voyant les traînées s'allonger anormalement, le public comprend peu à peu que quelque chose ne va pas. Les acclamations laissent place à l'incrédulité, puis au choc. Un silence pesant s'installe, y compris dans l'école de S. Christa McAuliffe, où ses étudiants assistent en direct à la tragédie devant la télévision qui avait été installée dans l'auditorium.







À gauche, le directeur de mission Jay H. Greene sous le choc en comprenant que la navette Challenger vient d'exploser. À droite en avant plan, le Capcom Richard O. Covey secondé par l'astronaute Fredrick D. Gregory, assis devant leur pupitre, impuissants face à la situation.

Sur la page de droite, le nuage laissé par Challenger durant son ascension - Photo Keith Meyers/The New York Times.

Dans le Mission Control Center, le personnel a très vite compris que la navette a disparu dans une explosion. Treize secondes après l'accident, Jay H. Greene demande à ses contrôleurs s'ils ont la trace de la navette.

Contrôleur : « *Flight, GC, we've had negative contact, loss of downlink.* »

Jay H. Greene : « *OK, all operators, watch your data carefully.* »

Après la désintégration de Challenger, les boosters, désormais livrés à eux-mêmes, poursuivent une trajectoire erratique. Sans contrôle, ils représentent un danger potentiel pour les zones habitées et les équipes au sol. Conformément aux protocoles de sécurité, l'US Air Force intervient rapidement pour éviter tout risque supplémentaire. Cent-dix secondes après le décollage, le major Gerald F. Bieringer ordonne leur destruction. Une charge pyrotechnique intégrée aux boosters est alors déclenchée, les désintégrant en plein vol.

Au même instant, Steve Nesbitt reprend ses commentaires :

« *Flight controllers here are looking very carefully at the situation. Obviously a major malfunction.* »

Dans la salle de contrôle, Greene active les procédures d'urgence et localise la zone d'impact des débris à 28,64 degrés Nord, 80,28 degrés Ouest. En raison du danger que représente la chute des débris, les secours mettent du temps avant de pouvoir pénétrer dans la zone circonscrite en toute sécurité. Pendant ce temps, les caméras de la NASA continuent de diffuser en direct la chute des débris jusqu'à leur impact avec l'océan.

Dans la confusion des premières minutes, personne ne sait ce qu'il est advenu de l'orbiter. Certains espèrent qu'il a pu se séparer à temps pour tenter un atterrissage d'urgence au Kennedy Space Center, ou à défaut, un amerrissage dans l'Atlantique. Mais rapidement, l'évidence s'impose : l'orbiter n'a pas survécu à l'explosion et l'équipage n'a aucune chance de s'en sortir vivant de la catastrophe.

Des équipes de recherche sont immédiatement envoyées depuis la base militaire de Patrick Air Force Station, voisine de Cape Canaveral. À bord d'hélicoptères, elles scrutent la zone, prêtes à intervenir au moindre signe de vie. Quelques minutes après l'accident, une caméra de la NASA capte la lente descente d'un parachute. Un instant, l'espoir renaît : aurait-on affaire à un secouriste ? Mais la réalité s'impose vite. Il s'agit du parachute du booster gauche, tandis que celui du booster droit, déployé au moment de l'explosion, a été consumé par le panache de flammes.





VI. L'ENQUETE

LES PREMIERS INDICES

Le patrouilleur USCG Cutter Dallas des garde-côtes américains ramène un morceau de l'élevon de l'aile droite de la navette Challenger.

Le choc et les premières interrogations

Une nation assommée par la tragédie

Sous le choc de la tragédie qui vient de se dérouler sous leurs yeux, les familles des sept astronautes quittent en silence la tribune des invités. Profondément bouleversées, elles sont escortées jusqu'au bus qui les ramène au quartier des astronautes, loin des regards et de l'agitation médiatique.

Pendant ce temps, la première déclaration officielle sur l'accident émane de la Maison-Blanche. Larry Speakes, secrétaire adjoint à la presse, prend la parole. Il admet ne disposer d'aucune information supplémentaire par rapport aux images diffusées en direct par la NASA, mais précise que le président Ronald W. Reagan a été informé du drame alors qu'il préparait son discours sur l'État de l'Union, prévu le soir même au Capitole. Le président suit de près l'évolution de la situation et est tenu informé en temps réel.

Alors que la confusion règne, la NASA reste muette pendant plusieurs heures. Ce n'est qu'aux alentours de 21 h 30 UTC qu'une première conférence de presse est organisée. Elle est dirigée par Jesse W. Moore, directeur du Johnson Space Center, assisté de Hugh Harris, directeur adjoint du Public Affairs Office du Kennedy Space Center. Lors de cet échange avec les journalistes, aucun élément n'est avancé pour expliquer la cause de l'accident. La priorité, selon Moore, est de mettre en place une enquête approfondie.

Il annonce ainsi la formation d'une commission d'enquête, qu'il dirigera, épaulé par plusieurs personnalités de la NASA et d'organismes indépendants :

- Robert F. Overmyer et Robert L. Crippen, astronautes expérimentés.
- Richard G. Smith, directeur du Kennedy Space Center.
- Arnold D. Aldrich, responsable du National Space Transportation System Program au Johnson Space Center.
- Walter C. Williams, consultant auprès de la NASA.
- William R. Lucas, directeur du Marshall Space Flight Center.
- James F. Harrington III, directeur du programme de la navette spatiale.
- Des membres du National Transportation Safety Board (NTSB), une agence indépendante spécialisée dans l'analyse des accidents aériens.

Cette commission a pour mission d'identifier les causes précises de la catastrophe et de proposer des recommandations pour éviter qu'un tel drame ne se reproduise.

Le mardi 28 janvier 1986, les drapeaux américains sont mis en berne à travers tout le pays. Face à cette tragédie nationale, le Président des États-Unis décide de reporter son discours sur l'État de l'Union. À 20 heures UTC, il s'adresse néanmoins à la nation dans une allocution télévisée, rendant hommage aux sept astronautes disparus. Il conclut son discours en citant deux passages du poème « *High Flight* » de John Gillespie Magee Jr. :

« The crew of the space shuttle Challenger honored us by the manner in which they lived their lives. We will never forget them, nor the last time we saw them, this morning, as they prepared for their journey and waved goodbye and 'slipped the surly bonds of earth' to 'touch the face of God.' ».

Le vice-président George H. Bush, qui devait assister au lancement du 27 janvier, est retourné au Kennedy Space Center après la tragédie afin d'apporter son soutien aux familles des sept astronautes ainsi qu'au personnel de la NASA. Il était accompagné des sénateurs John H. Glenn, premier Américain à avoir été envoyé en orbite, et Edwin J. Garn, qui avait pris part à la mission 51-D en avril 1985 en tant que membre d'équipage.

Au lendemain de l'accident, la NASA tient une nouvelle conférence de presse en présence de Jay H. Greene. À ce stade de

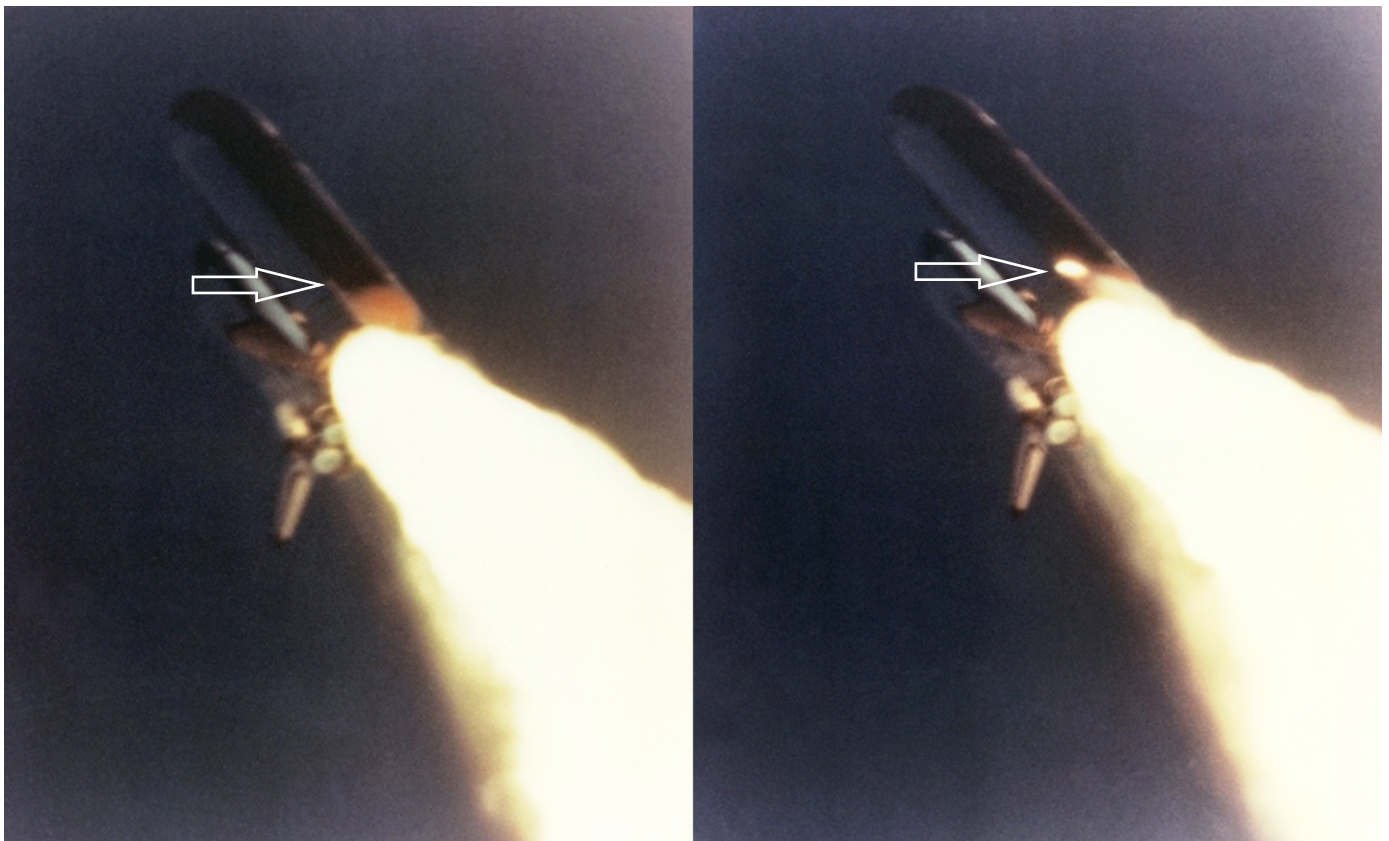
l'enquête, aucune hypothèse privilégiée n'explique l'explosion de la navette après un peu plus d'une minute de vol. Le directeur du KSC Richard G. Smith a révélé que c'est l'US Air Force qui a neutralisé les deux boosters en vol libre pour éviter qu'ils ne retombent sur des zones habitées.

Pendant ce temps, les opérations de récupération des débris débutent : huit bateaux et neuf avions ratissent la zone au large des côtes de Floride, tandis que les garde-côtes mènent des recherches sous-marines entre 9 et 60 mètres de profondeur. Dès le premier jour, plusieurs centaines de kilos de débris sont repêchés.

Sur les écrans du monde entier, les images de l'explosion et des astronautes passent en boucle. La NASA ayant saisi toutes les vidéos captées par les caméras situées autour des installations de lancement, seules celles diffusées en direct par CNN restent accessibles au public.

L'accident de Challenger a un impact profond sur le personnel impliqué, directement ou indirectement, dans le programme de la navette. L'agence spatiale américaine met en place une ligne d'assistance téléphonique, sollicitée par plus d'une centaine d'employés souffrant de cauchemars et de crises d'angoisse. Chez les sous-traitants également, un sentiment de culpabilité s'installe. Parmi les témoins du drame, Elmer Thomas, un ingénieur mécanique de 69 ans ayant servi la NASA pendant 18 ans, assiste au lancement depuis une salle d'observation. Submergé par l'émotion, il est pris de douleurs à la poitrine. Transporté d'urgence à l'hôpital, il succombe à une crise cardiaque le lendemain.

Dans les jours qui suivent, la gestion de la crise par la NASA est vivement critiquée. L'agence refuse de communiquer des informations et prétend ne rien savoir. Le discours officiel est verrouillé, et les sous-traitants sont sommés de garder le silence. Malgré cette omerta, certains journalistes enquêtent. Sous couvert d'anonymat, des voix commencent à se faire entendre. Quelques heures après la catastrophe, il apparaît que la température particulièrement basse au Kennedy Space Center avait suscité de nombreuses inquiétudes avant le lancement. Deux jours après l'accident, la radio NBC et The New York Times évoquent pour la première fois un problème au niveau des joints du booster droit comme possible origine de l'explosion. Il faudra cependant attendre le 1er février 1986 pour que la NASA publie une photo montrant ce qui semble être une flamme s'échappant de ce même booster. William R. Graham, qui est à la tête de la NASA par interim depuis décembre 1985, doute qu'il puisse s'agir d'une flamme car les boosters sont considérés comme virtuellement infallibles.



À la 59ème seconde de vol, une fuite de gaz brûlant se déclenche et va s'emplifier jusqu'à l'explosion, 14 secondes plus tard.



VII. L'ENQUETE

LA COMMISSION ROGERS

Arrivée au Kennedy Space Center de la Commission d'enquête, avec à sa tête l'ancien Secrétaire d'État William P. Rogers, en avant plan au centre.

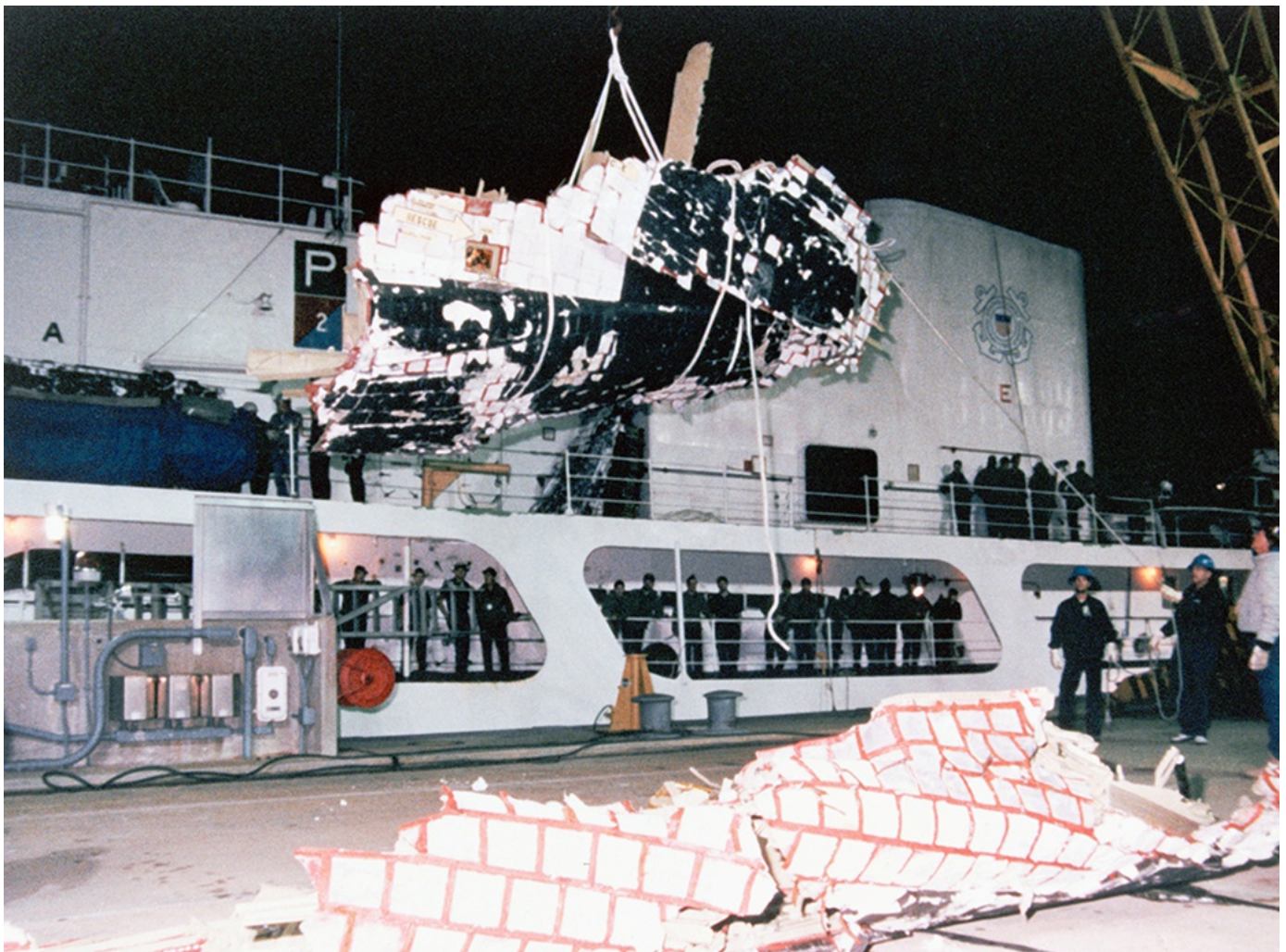
Après les hommages, l'enquête

Le 31 janvier 1986, une cérémonie d'hommage est organisée au Johnson Space Center en mémoire des sept astronautes disparus. Les familles des victimes, leurs amis, ainsi que 6 000 employés de la NASA et 4 000 invités y assistent, aux côtés du Président Ronald W. Reagan et de son épouse Nancy Reagan.

Pendant ce temps, les opérations de récupération des débris de Challenger s'intensifient avec l'arrivée de cinq navires et quatre avions supplémentaires. Dès les premiers jours de recherche, plusieurs pièces de grande taille sont repêchées, notamment une section de l'aile droite, une partie du fuselage, la dérive verticale ainsi que des fragments de la structure externe du cockpit. Au bout de dix jours de recherche, ce sont 12 tonnes de débris qui ont été ramassés.

Le lendemain, le New York Times publie un nouvel article dans lequel le journal explique qu'en cas d'incendie, les ordinateurs de bord n'auraient rien pu détecter. On apprend également qu'il n'existe aucun moyen pour les astronautes de s'échapper durant les deux premières minutes de vol, c'est-à-dire durant tout le fonctionnement des boosters. Ce que la NASA dément. Le patron de la NASA affirme qu'il existe la possibilité de séparer la navette durant cette phase de vol et de la ramener se poser au Kennedy Space Center. Une procédure d'urgence que beaucoup jugent irréaliste.

Sur le terrain, les opérations de collecte des débris de Challenger se poursuivent activement. De grandes pièces structurales sont repêchées au large des côtes atlantiques puis ramenées sur la terre ferme. C'est le cas du sommet du réservoir externe, récupéré dans un bon état, tout comme le nez de l'un des boosters dont le mécanisme de séparation est resté intact. Cette découverte confirme que la séparation des deux propulseurs résulte exclusivement de la dislocation brutale du réservoir externe et non d'un déclenchement prématuré des systèmes de bord ou d'une manœuvre effectuée par l'équipage.



Dans les jours qui suivent l'accident, de nombreux débris sont repêchés comme ici le flanc externe de la cabine.



Prestation de serment de la Commission Rogers : En partant de gauche à droite, les personnes les plus importantes: Rogers (1), Armstrong (2), Ride (3), Kutyna (5) et Feynman (9).

Installation d'une commission d'enquête

Le 3 février 1986, le Président américain ordonne la création d'une commission d'enquête indépendante chargée de déterminer les causes et les circonstances de l'accident, ainsi que de proposer des solutions pour améliorer la fiabilité de la navette spatiale. Cette commission, placée sous la présidence de William P. Rogers, ancien secrétaire d'État sous l'administration Nixon, remplace celle initialement mise en place par la NASA au lendemain de la catastrophe. Neil Armstrong, premier homme à avoir marché sur la Lune, est désigné comme son adjoint.

La Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident se compose de spécialistes issus de divers domaines :

- David C. Acheson – Premier vice-président et directeur juridique de la Communications Satellite Corporation.
- Eugene E. Covert – Ingénieur et professeur d'aéronautique et d'astronautique au Massachusetts Institute of Technology
- Richard P. Feynman – Physicien, professeur de physique théorique au California Institute of Technology et lauréat du prix Nobel de physique en 1965
- Robert B. Hotz – Rédacteur et ancien directeur du magazine *Aviation Week & Space Technology*.
- Major General Donald J. Kutyna – Directeur des systèmes spatiaux et du commandement, du contrôle et des communications à l'US Air Force.
- Sally K. Ride – Ancienne astronaute et première Américaine à voyager dans l'espace.
- Robert W. Rummel – Ingénieur aérospatial et expert du domaine spatial.
- Joseph F. Sutter – Ingénieur aéronautique et vice-président exécutif de Boeing Commercial Airplanes.
- Arthur B. C. Walker, Jr. – Astrophysicien et consultant pour Aerospace Corporation, Rand Corporation et la National Science Foundation.
- Albert D. Wheelon – Astrophysicien et vice-président exécutif de Hughes Aircraft Company.
- Brigadier General Charles Yeager – Ancien pilote d'essai de l'US Air Force et premier homme à avoir franchi le mur du son.
- Alton G. Keel, Jr. – Directeur exécutif de la commission d'enquête, ingénieur et diplomate ayant occupé diverses fonctions au sein du gouvernement.

Le 4 février 1986, on apprend que les équipes en charge de recherche de l'épave de Challenger ont localisé les débris du booster droit, celui-là même qui attire toute l'attention depuis quelques jours.

Les boosters, le Talon d'Achille de la navette

Un défaut des boosters, une piste qui se confirme

Une semaine après sa création par le Président Reagan, la Commission d'enquête débute ses auditions à huis clos. Dans un premier temps, les interrogatoires se concentrent sur les hauts dirigeants de la NASA : ainsi, dès le premier jour, l'administrateur par intérim de l'agence est entendu, tout comme plusieurs responsables dont Arnold D. Aldrich ainsi que Judson A. Lovingood.

Les auditions débutent par celle de Jesse W. Moore. En tant qu'administrateur associé aux vols habités, il présente une rétrospective détaillée du programme des navettes, s'appuyant sur des schémas techniques et expliquant la hiérarchie complexe des opérations. Responsable du groupe de travail 51-L Data Design and Analysis Test, il expose l'état d'avancement de l'enquête interne et détaille la chronologie ayant conduit au décollage.

Moore souligne qu'au cours des réunions de gestion, tous les indicateurs étaient au vert (« Go for launch »). C'est dans ce cadre que la Commission soulève la question du froid le jour du lancement. L'échange met alors en lumière un décalage majeur : Moore explique avoir traité le risque lié à la présence de glace sur le pas de tir, mais il affirme n'avoir reçu aucune alerte concernant l'impact potentiel des basses températures sur les joints des boosters. Cette audition révèle ainsi que les inquiétudes des ingénieurs de Morton Thiokol, exprimées plus tard dans la soirée du 27 janvier, n'étaient jamais remontées jusqu'à son niveau de responsabilité.

Au cours des auditions des jours suivants, d'autres pistes sont évoquées pour expliquer l'accident de Challenger, notamment celle d'un acte malveillant. À ce sujet, Marvin L. Jones, le directeur de la sécurité et de l'assurance qualité au Kennedy Space Center, est entendu aux côtés de Stanley D. Kline du FBI, ce qui permet à la Commission d'écarter officiellement l'hypothèse d'un sabotage.

La piste d'une défaillance technique des boosters se précise alors dès le deuxième jour lors de l'audition de Jesse W. Moore et d'Arnold D. Aldrich. Ces derniers expliquent qu'au décollage de la navette, une fumée noire est observée sur le booster droit à l'endroit même où une flamme apparaîtra 60 secondes plus tard. Cette fumée, qui persiste pendant 2,9 secondes avant de s'arrêter, aurait pour origine la combustion de la graisse utilisée autour des joints. Aldrich informe d'ailleurs la Commission que ce même booster n'était plus dans son axe dans la dernière demi-seconde avant la perte de données.

La fumée noire serait la conséquence du phénomène connu appelé « érosion des joints ». Moore et Aldrich expliquent que lors de plusieurs vols précédents, certains joints avaient déjà présenté des traces d'une telle usure. Ils décrivent ainsi le processus constaté : *« Lors de la mise sous pression initiale, il y a une légère fuite de gaz au niveau du premier joint torique, mais dans tous les cas observés, cette fuite s'arrête au niveau du second joint torique. Cependant, cette fuite a provoqué une dégradation, appelée érosion du joint torique, jugée acceptable, et la formation de suie résultant de cette dégradation entre les deux joints toriques ».*

Ce témoignage devient crucial lorsqu'ils soulignent que cette érosion a été particulièrement importante lors d'un lancement précédent, le vol 51-C de janvier 1985, effectué sous de basses températures. Cette corrélation entre froid et dégradation des joints déplace alors le curseur de l'enquête : les auditions quittent le domaine des généralités pour se concentrer sur les spécificités de l'assemblage des boosters et sur la pertinence des critères météorologiques retenus par la NASA.



Des bouffées de fumée noire s'échappent quelques secondes du booster au décollage de Challenger.

Sous-traitance : une chaîne de responsabilités sous haute tension

Au-delà des causes purement techniques, la Commission d'enquête a mis en lumière une gestion opérationnelle fragilisée par une succession d'incidents chez les sous-traitants. L'attention s'est notamment portée sur Lockheed Space Operations, le responsable de l'assemblage final de la navette. Bien que les boosters soient produits par Morton Thiokol, c'est à Lockheed qu'incombe la tâche délicate d'en assembler les différentes parties.

Un incident de maintenance survenu en novembre 1985 illustre ces tensions. Au cours de l'assemblage des boosters, l'opérateur n'a pas respecté la procédure préconisée, préférant s'en remettre à son expérience, ce qui a entraîné la chute d'un segment de l'un des propulseurs. Bien que cette adaptation vise à améliorer les opérations, l'absence de documentation officielle la rendait inacceptable aux yeux de la NASA. Conformément au protocole, le segment avait été écarté ainsi que son correspondant sur l'autre booster, afin d'assurer une vitesse de combustion symétrique entre les deux propulseurs grâce à une qualité de propergol rigoureusement identique. Ce contournement de procédure lors de l'assemblage s'inscrivait dans un contexte de critiques récurrentes de la part de la NASA envers Lockheed Space Operations, régulièrement pointé du doigt pour un nombre alarmant d'incidents techniques. La sévérité du diagnostic de l'agence spatiale s'était d'ailleurs cristallisée dans un rapport de 176 pages, extrêmement critique à l'égard du personnel et des méthodes de travail du prestataire.

Ce document soulignait des failles de sécurité si préoccupantes que la NASA avait exigé des mesures radicales. Quelques mois seulement avant la tragédie, les trois principaux responsables de Lockheed au centre spatial Kennedy furent remplacés. Ce

remaniement visait directement à sanctionner le non-respect chronique des consignes de sécurité et des procédures, une décision qui permit de rehausser la qualité du travail et de voir le taux d'incidents diminuer durant les mois précédant le vol de la navette Challenger.

Le motoriste Morton Thiokol n'était pas non plus exempt de reproches. Les inquiétudes de la NASA à son égard étaient telles que l'agence avait déjà lancé, un an auparavant, une étude pour trouver des sources d'approvisionnement alternatives pour les propulseurs d'appoint. Cette volonté de briser le monopole de Thiokol découlait de plusieurs incidents de sécurité que l'agence spatiale avait jugés sérieux.

Les auditions publiques, le tournant dans l'enquête

Parallèlement aux auditions, la presse américaine remet en question la fiabilité des boosters et pointe la responsabilité de la NASA, dont le calendrier de lancements trop ambitieux soumet les équipes à une pression constante. Les médias révèlent notamment que des signes d'érosion sur les joints des propulseurs avaient déjà été observés lors de la mission précédente, 61-C de Columbia. Certains journaux vont plus loin en affirmant que l'agence spatiale, bien qu'informée du danger mortel qu'un tel défaut représentait, n'avait entrepris aucune action corrective.

Le quotidien Hartford Courant rapporte également que Challenger a fait l'objet de 1 800 vérifications de moins que la normale, des contrôles sont désormais effectués par les techniciens eux-mêmes au lieu d'inspecteurs indépendants. Cependant, ces révélations n'incriminent pas directement les responsables dans une erreur d'exécution technique. La Commission d'enquête, après avoir minutieusement analysé les milliers de pages relatives à la préparation et au processing de la navette, n'a d'ailleurs relevé aucune anomalie majeure dans ces procédures.

Le 10 février 1986, au troisième jour des auditions, la séance devient publique. Jusqu'alors, les débats s'étaient concentrés sur des détails techniques complexes en sessions privées, mais cette ouverture marque un tournant. L'enquête quitte le terrain des ingénieurs pour explorer celui de la bureaucratie et de la gestion budgétaire de la NASA. C'est lors de cette journée que surgit un élément inattendu : l'existence d'un mémorandum rédigé le 23 juillet 1985 par Richard C. Cook, un analyste budgétaire de l'agence.

Ce document, qui n'est pas issu du département technique mais du service financier, agit comme une première fissure dans la défense de la NASA. Cook y décrivait les joints toriques comme un problème d'une gravité telle qu'il menaçait la survie de la navette. Devant la Commission, les responsables comme Lawrence B. Mulloy se retrouvent à devoir justifier non plus seulement des choix techniques, mais une culture du silence et de la pression budgétaire. On commence à entrevoir que l'impératif de respecter un calendrier de lancements intensif a peut-être étouffé les cris d'alarmes.

C'est pourtant au cœur de cette forêt administrative que le témoignage de Mulloy, responsable du projet des propulseurs d'appoint, devient le véritable point de bascule de la journée. Interrogé par le Général Kutyna, Mulloy tente de maintenir la ligne officielle de la NASA : le système était certifié et les risques sous contrôle.

Le dialogue devient toutefois plus pressant lorsque Kutyna l'interroge sur les conditions thermiques réelles du matin du 28 janvier. Mulloy admet alors que la température des joints toriques au décollage était estimée à 25°F (-4°C), tandis que la température la plus basse jamais enregistrée lors d'un test de qualification au sol n'était que de 48°F (9°C). Cet aveu montre que la NASA a lancé la navette dans un environnement thermique pour lequel il n'existait aucune donnée expérimentale préalable.

Pour justifier cet écart, Mulloy s'appuie sur les spécifications du Viton. Interrogé par le Dr. Covert sur la température de transition vitreuse (le seuil de durcissement du matériau), il reconnaît que les résultats varient selon les protocoles de tests, mais précise que les normes militaires prévoient une utilisation de -30°F à 500°F (-34°C à 260°C).

L'échange s'oriente ensuite sur le fonctionnement mécanique du scellement. Pour comprendre l'enjeu, il faut visualiser le

comportement du booster lors de l'allumage : la pression interne est si importante qu'elle déforme l'enveloppe en acier, créant un écartement entre les segments appelé « rotation du joint ». Pour maintenir l'étanchéité, le joint torique doit être capable de se détendre instantanément afin de combler ce vide qui apparaît en une fraction de seconde. Richard P. Feynman soulève alors la question de la émanence à la compression : si le froid rend le joint rigide, celui-ci perd son élasticité. Écrasé dans sa rainure depuis des mois, il risque de ne pas reprendre sa forme initiale assez vite pour boucher l'espace créé par la rotation. Les gaz brûlants s'échapperaient alors avant que le scellement ne soit assuré. Lawrence B. Mulloy tempère cette analyse en invoquant l'extrusion : selon lui, la pression des gaz (800 psi) est si forte qu'elle pousserait de force le joint dans l'interstice, compensant ainsi son manque de souplesse.

Mulloy détaille enfin le test d'étanchéité effectué avant le vol à 200 psi. Le général Kutyna souligne toutefois une faille critique : ce test injecte de l'air de manière à pousser le joint dans la direction opposée à celle du décolage. En le plaquant au fond de son logement, cette pression inverse peut donner l'illusion d'une étanchéité parfaite, tout en masquant l'incapacité du joint à réagir dans le bon sens au moment crucial.

L'audition met ainsi en lumière une méthode basée sur l'expérience des succès passés : puisque des érosions de joints avaient été observées sans incident majeur auparavant, la NASA considérait que le système possédait une marge de sécurité suffisante. La séance se clôt sur le constat d'une décision de lancement reposait sur des extrapolations théoriques et des vérifications indirectes. Ces éléments fournissent à Richard P. Feynman les bases sa célèbre démonstration du lendemain.

La séance du 11 février débute dans la continuité technique de la veille, mais avec une précision chirurgicale apportée par Feynman. Avant de passer à l'action avec sa démonstration devant les caméras, le physicien entreprend d'établir le décor par une série de questions factuelles destinées à faire valider par Mulloy les propriétés physiques du joint :

Feynman : « *Puis-je vous poser quelques questions pour mieux comprendre comment cela fonctionne ?* »

Mulloy : « *Oui, monsieur.* »

Feynman : « *Ce truc en caoutchouc qui est inséré, ce qu'on appelle un joint torique, est censé se dilater pour entrer en contact avec le métal en dessous afin de former un joint étanche, c'est bien ça ?* »

Mulloy : « *Oui, monsieur. À l'état statique, il doit être étanche, c'est-à-dire qu'il doit être en contact direct avec la languette et la chape du joint, et être comprimé de 20 millièmes de pouce.* »

Feynman : « *Et s'il n'était pas là, s'il n'était pas en contact du tout et qu'il n'y avait aucune étanchéité, cela provoquerait une fuite. Pourquoi ne retirons-nous pas les joints toriques ?* »

Mulloy : « *Parce que vous auriez du gaz chaud qui se dilaterait à travers le joint et le détruirait...* »

Feynman : « *Ne pourrions-nous pas remplacer ce matériau par un autre, comme du plomb, qui reste en place lorsqu'on le comprime ? Il doit pouvoir se dilater à nouveau, car il y a un peu de jeu dans ce joint et il doit pouvoir revenir en place. Je veux dire, c'est un matériau en caoutchouc, donc il revient en place lorsque vous bougez un peu, et il reste en contact, n'est-ce pas ?* »

Mulloy : « *Oui, monsieur, c'est le but du mastic, qui sert de barrière thermique, une barrière thermique...* »

Feynman : « *Je parle du caoutchouc sur le joint.* »

Mulloy : « *Pardon ?* »

Feynman : « *Pour fonctionner correctement, le joint doit être en caoutchouc, et non en plomb, par exemple ?* »

Mulloy : « *Oui, monsieur.* »

Feynman : « *Parce que lorsque le joint bouge légèrement sous l'effet des vibrations et des pressions, il soulève le plomb, tandis que le caoutchouc se dilate sur place ?* »

Mulloy : « *Oui, monsieur.* »

Feynman : « *Il est donc important qu'il ait cette propriété de dilatation et qu'il ne soit pas plastique, comme le plomb. Je crois que vous appelez cela la résilience, n'est-ce pas ?* »

Mulloy : « *C'est exact. Il doit être résilient, et c'est pourquoi nous utilisons un élastomère.* »

Feynman : « *Si ce matériau n'était pas résilient pendant une ou deux secondes, cela suffirait à créer une situation très dangereuse.* »

Mulloy : « *Oui, monsieur.* »

Feynman : « *Merci.* »

Ce dernier « Oui, monsieur » de Mulloy est l'élément qui scelle le sort de l'argumentaire de la NASA. Feynman vient de faire valider par le responsable du projet que l'absence de résilience, même durant une seconde, est une condition de catastrophe.

Après cet échange sur la résilience, Mulloy est interrogé par d'autres commissaires, notamment sur la composition et l'efficacité du mastic utilisé pour protéger les joints de la chaleur. Ces débats techniques se poursuivent jusqu'à une courte pause de quelques minutes.

À la reprise des auditions, la partie d'échec entre Mulloy et Feynman arrive à son dénouement. Profitant d'un moment de silence, le physicien brise le formalisme des débats pour confronter Mulloy à la réalité physique :

« Ceci est un commentaire pour Monsieur Mulloy. J'ai pris ce matériau provenant de votre joint et je l'ai mis dans de l'eau glacée. J'ai découvert que lorsqu'on exerce une pression dessus pendant un certain temps et qu'on la relâche, il ne reprend pas sa forme. Il garde la même dimension. En d'autres termes, pendant au moins quelques secondes, et même plus que cela, il n'y a aucune résilience dans ce matériau particulier lorsqu'il est à une température de 32 degrés. Je pense que cela a une certaine importance pour notre problème. »

Par ce geste, Feynman transforme les « Oui » théoriques de Mulloy en une preuve visuelle de défaillance. Le contraste est total : alors que Mulloy venait de confirmer qu'un manque de résilience de quelques secondes serait très dangereux, Feynman vient de démontrer que ce manque d'élasticité est une propriété inhérente du joint à 32°F (0°C). La démonstration met fin à l'idée que le système possédait une marge de sécurité par grand froid. L'enquête vient de basculer de l'analyse des procédures à la preuve expérimentale d'une erreur de conception fondamentale.

Après la démonstration de Richard P. Feynman qui a permis de mettre en évidence le dysfonctionnement du joint torique par basse température, les auditions suivantes vont mettre en lumière une compréhension différente des risques encourus par temps froid.



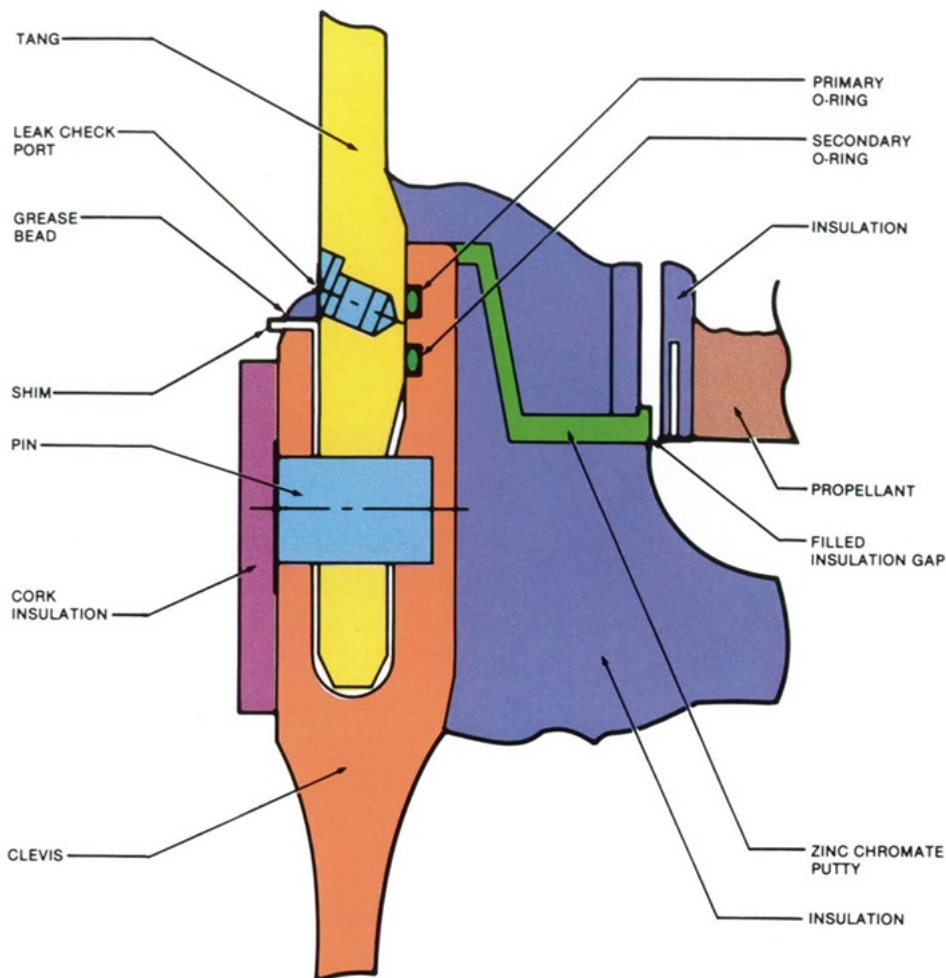
Au quatrième jour des auditions, Richard Feynman démontre la perte de résilience du joint torique après l'avoir immergé dans de l'eau glacée - Photo AP

Tout le monde s'accorde à dire que ce 28 janvier 1986, il faisait particulièrement froid et que ce froid a perduré plusieurs heures comme l'a rappelé le président de la Commission sur un ton plus ferme lors de la session du 13 février 1986 :

« Ce n'est pas parce que nous sommes en séance à huis clos que je veux être désagréable, mais - et peut-être que je le suis, il me semble que si la température à ce moment-là était d'environ 20 °F (-5 °C) à 2 heures du matin et qu'elle était restée à environ 20 °F (-5 °C) pendant environ 11 heures, et que tout le monde savait que cela aurait probablement des effets néfastes et qu'il y avait certaines limites à ce sujet, pourquoi cela n'a-t-il pas été considéré comme un sujet de préoccupation majeur ? »

Les réponses apportées par les cadres de la NASA révèlent alors une déconnexion profonde entre le thermomètre et leurs modèles théoriques. Alors que l'équipe Ice Team rapportait des mesures infrarouges alarmantes, descendant jusqu'à -13 °C sur la paroi même du booster, le management de Marshall justifiait son inertie par le concept de température moyenne de masse. Selon leurs calculs, le propulseur constituait une masse thermique si grande qu'il aurait fallu des semaines de gel pour que le cœur du propergol solide devienne critique.

Au cours des différentes auditions, on apprend que la NASA s'était focalisée sur les dégâts mécaniques que la glace pourrait causer au bouclier thermique de l'orbiter, omettant l'effet du froid sur les joints toriques des boosters. Les échanges entre les commissaires et les témoins révèlent une organisation segmentée, où les données techniques restent confinées dans des compartiments étanches (par pallier décisionnel) sans pour autant remonter aux niveaux hiérarchiques supérieurs. Ce cloisonnement explique pourquoi les mesures alarmantes de l'Ice Team ou la mise en place d'une téléconférence avec l'un des sous-traitants, ne sont jamais remontées au plus haut niveau de la hiérarchie. Celui-ci avouant n'avoir jamais été informé d'une quelconque réserve concernant le lancement en raison de la température des joints toriques.



Coupe de l'assemblage entre deux segments de booster avec la position des joints toriques (o-ring).

Challenger, un scénario qui se précise

À la fin de cette première série d'auditions, la NASA dévoile un premier scénario de l'accident à la Commission d'enquête en s'appuyant sur les données télémétriques et photos analysées par le groupe de travail 51-L Data Design and Analysis Test mis en place par l'agence spatiale pour déterminer les causes de l'accident.

Le 28 janvier 1986, à 11h38 précises, l'allumage des propulseurs d'appoint marque le début du vol 51-L. Seulement 0,445 seconde après le décollage, une première bouffée de fumée noire s'échappe du joint torique du booster droit. Cette fumée disparaît environ 12 secondes après le décollage.

Le vol se poursuit de manière nominale avec la manœuvre de roulis qui place la navette sur le dos de manière à minimiser l'effort sur la structure durant l'ascension. Les moteurs principaux, alimentés en hydrogène et oxygène liquides, modulent leur puissance de façon à réduire l'accélération lors du passage de MaxQ. À 40 secondes, le véhicule rencontre des vents cisailants en haute altitude auxquels il répond par des corrections de trajectoire. C'est après le passage de la zone de pression dynamique maximale (MaxQ) que la situation devient irréversible. À 58,7 secondes, une nouvelle trace de fumée apparaît sur le booster droit, suivie immédiatement par un panache intense et bien défini. À 60,6 secondes, une flamme devient visible, trahissant une perforation de la paroi du booster.

Le jet de flamme, dirigé vers le réservoir externe, provoque des dommages structurels immédiats. Les instruments enregistrent des variations anormales dans les commandes de vol et une chute de pression dans le réservoir d'hydrogène liquide à 66,4 secondes. L'intensité lumineuse du panache augmente et la flamme finit par s'enrouler autour de l'attache reliant le booster au réservoir et la faire fondre.

À 72 secondes, la structure atteint son point de rupture. Le booster droit pivote sur son attache arrière, entraînant une accélération latérale brutale du véhicule. À 73,1 secondes, un nuage blanc enveloppe soudainement le flanc du réservoir externe, suivi d'un flash lumineux entre l'orbiter et le réservoir. L'explosion finale se produit à 73,2 secondes près de l'attache avant du booster lorsque le réservoir d'oxygène liquide est pulvérisé.

Les moteurs principaux tentent de compenser la perte de pression des réservoirs d'hydrogène et d'oxygène liquides avant de s'arrêter par sécurité à 73,5 secondes. Les dernières données télémétriques sont envoyées à 73,621 secondes. Soumis à des forces aérodynamiques dépassant ses limites de conception, l'orbiter se désintègre. Les deux boosters, désormais séparés du reste du véhicule, poursuivent leur trajectoire de manière erratique jusqu'à leur destruction télécommandée par la sécurité des vols aux alentours de la 110^{ème} seconde.

Le face-à-face NASA vs Morton Thiokol

Lors de la première semaine des auditions, la Commission d'enquête s'est employée à reconstituer la chronologie des faits pour déterminer les responsabilités. Un fossé s'est alors creusé entre les ingénieurs de Morton Thiokol, qui avaient toujours maintenu leur opposition au lancement, et leur hiérarchie qui céda sous la pression de la NASA. Cette dernière a montré une distance prudente, justifiant sa décision par le respect des procédures mises en place. Pourtant, ces critères de vol, hérités d'une « normalisation de la déviance » au fil du programme, s'avéraient inadaptés aux conditions thermiques exceptionnelles du lancement de Challenger.

Les auditions des 25 et 26 février ont mis en lumière les divergences de point de vue lors de la téléconférence du 27 janvier qui s'est achevée sur une autorisation de lancement par toutes les parties. Pour la Commission d'enquête, il s'agissait alors de comprendre comment l'autorisation de lancement avait pu être donnée par la direction de Morton Thiokol alors que ses ingénieurs y étaient opposés.

Pour s'assurer de la pleine coopération des différentes parties, le Président Rogers se montra particulièrement bienveillant et les invita à détailler sans retenue les événements ayant précédé le lancement, leur offrant une grande liberté de parole.

La journée du 25 février est consacrée à l'audition des personnes clés travaillant chez Morton Thiokol. Les ingénieurs en première ligne Allan J. McDonald, Roger M. Boisjoly et Arnold R. Thompson ont témoigné de leur opposition catégorique au lancement lors de la téléconférence du 27 janvier, étayant leur mise en garde par des données techniques et des clichés de l'érosion des joints toriques constatée lors de missions antérieures. Chacun a pu donner sa version des faits, notamment sur la base de notes manuscrites prises par les témoins lors des événements.

Lors de l'audition des dirigeants de Morton Thiokol, la Commission d'enquête a cherché à comprendre pourquoi le motoriste avait finalement donné son accord malgré l'opposition unanime de ses ingénieurs. Robert K. Lund, Vice-Président de l'Ingénierie, et Joseph C. Kilminster, Vice-Président des programmes, ont tous deux justifié ce revirement par le changement de paradigme imposé par le centre Marshall de la NASA. Lund a affirmé que c'était la première fois qu'il se trouvait confronté à une situation où la NASA exigeait que les ingénieurs « apportent la preuve formelle qu'ils n'étaient pas prêts à lancer », plutôt que de démontrer la sécurité du vol.

Bien que la direction de Morton Thiokol se soit d'abord rangée à l'avis de ses ingénieurs, elle reconsidéra sa position après une interruption de séance où elle organisa un conciliabule entre responsables. Sous la pression de la NASA, les responsables requalifièrent les données techniques de « non concluantes », estimant qu'elles ne permettaient plus de justifier un report du lancement. Cette décision provoqua une perte de confiance envers la hiérarchie. McDonald, présent au Kennedy Space Center, refusa catégoriquement de signer l'autorisation de lancement, laissant cette responsabilité à Kilminster qui a finalement accepté de signer et transmis la recommandation de lancement depuis l'Utah, se substituant ainsi à son ingénieur pour formaliser l'absence d'objection de Thiokol.

La quête de vérité des ingénieurs de Morton Thiokol a lourdement pesé sur leur avenir professionnel. Pour avoir brisé l'omerta, Allan J. McDonald et Roger M. Boisjoly subirent des mesures de rétorsion de leur employeur, qui les accusait d'avoir provoqué un désastre de relations publiques. Tous deux furent rétrogradés à des postes subalternes. Le sort de McDonald ne bascula que sous l'intervention directe de la Commission Rogers ; indignée, celle-ci menaça Thiokol de suspendre ses contrats fédéraux si l'ingénieur n'était pas réhabilité. Ce coup de force lui permit d'être promu vice-président de l'ingénierie, avec la mission symbolique de redessiner les boosters à l'origine du drame.

Le sort de Boisjoly fut plus amer. Écarté des décisions techniques et victime d'un harcèlement constant de la part de sa hiérarchie et de certains collègues, il fut contraint de quitter l'entreprise. Il consacra le reste de sa carrière à l'ingénierie judiciaire et devint une figure mondiale de l'éthique professionnelle. Quant à Robert K. Lund et Joseph C. Kilminster, leur influence s'est éteinte avec l'enquête. Bien qu'ils n'aient pas subi le même bannissement public, ils furent durablement écartés des responsabilités de premier plan, symbolisant une génération de managers dont la culture du risque avait été irrévocablement désavouée par la Commission.

Le lendemain, Lawrence B. Mulloy et George B. Hardy sont à leur tour entendus par la Commission d'enquête au sujet de la soirée du 27 janvier, veille du lancement de Challenger. Leur témoignage éclaire la manière dont les responsables du Marshall Space Flight Center ont analysé les données techniques disponibles et évalué le risque associé aux joints toriques des boosters.

Pour Mulloy, les critères de lancement ne faisaient apparaître aucune violation majeure concernant les boosters. À ses yeux, les principales préoccupations liées aux basses températures concernaient plutôt certains équipements, comme les batteries de récupération situées dans la jupe des boosters ou celles des modules du système de commande. Cela ne l'empêchait pas, pas plus que Hardy, d'admettre que la performance des joints toriques se dégrade par grand froid et que des fuites de gaz avaient déjà été constatées lors de vols précédents. Néanmoins, leur interprétation divergeait de celle de Morton Thiokol. Selon eux, les données ne permettaient pas d'établir de corrélation entre les anomalies et le froid ; par conséquent, les basses températures ne présentaient aucun risque pour les boosters.

Pour étayer cette position, ils s'appuient notamment sur l'exemple de la mission 61-A. En octobre 1985, Challenger avait décollé alors que la température était la plus élevée jamais enregistrée pour un lancement de navette. Or, l'analyse post-vol avait révélé des traces d'érosion et de fuites sur les joints des boosters, certes moins marquées que lors de la mission 51-C,



Lawrence B. Mulloy lors de son audition du 26 février 1986 - Photo C-Span

mais néanmoins bien présentes. Pour Mulloy et Hardy, ce constat suggère que les fuites observées ne peuvent pas être attribuées exclusivement aux basses températures puisqu'elles apparaissent dans des conditions opposées. Dès lors, ils arrivent à la conclusion que les données ne sont pas « pertinentes ».

A leurs yeux, elles décrivent bien un système imparfait, reconnu et déjà rencontré dans des conditions météorologiques très différentes, mais elles ne permettent pas de définir un seuil thermique clair au-delà duquel le lancement devrait être interdit. Mulloy et Hardy estiment donc qu'il n'existe pas, au soir du 27 janvier, de preuve technique formelle indiquant que les conditions prévues pour le lendemain placeraient les boosters hors de leur domaine de fonctionnement acceptable.

Au cours de l'audition, ils expliquent également pourquoi les éléments présentés lors de la téléconférence ne leur ont pas semblé suffisamment convaincants sur le plan analytique. Les graphiques examinés leur apparaissaient incomplets, construits à partir d'un nombre limité de points et incapables de quantifier précisément le risque encouru. Dans cette perspective, la situation ne constitue pas une violation explicite des règles de lancement en vigueur, mais relève d'un problème déjà identifié, couvert par des dérogations, et jugé compatible avec la poursuite des vols.

L'audition du 26 février met ainsi en évidence une approche du risque fondée sur l'expérience accumulée du programme et sur l'acceptation progressive d'anomalies répétées tant qu'elles n'ont pas conduit à une perte de mission. Pour Mulloy et Hardy, le comportement des joints toriques, bien que préoccupant sur le plan technique, reste inscrit dans un cadre connu et considéré comme maîtrisable. Cette interprétation éclaire la manière dont la NASA a pu estimer que les conditions du 28 janvier 1986 ne justifiaient pas, en elles-mêmes, un report du lancement de Challenger.

À l'issue des auditions, Mulloy apparaît comme l'un des principaux responsables du sinistre, pour n'avoir pas mesuré les conséquences de ses décisions. Cette mise en cause dépasse le cadre de la Commission d'enquête : Jane Smith, la veule du

pilote Michael J. Smith, dépose une plainte contre la NASA, visant nommément Mulloy pour homicide involontaire. Si la réclamation initiale portait sur 15,1 millions de dollars, l'action en justice s'est étendue à des dommages bien plus importants, s'élevant selon certaines procédures à 1,5 milliard de dollars, au motif que les cadres de l'agence auraient dû anticiper l'imminence d'une catastrophe. Cette action sera toutefois classée sans suite, un accord à l'amiable étant finalement conclu entre la famille et le gouvernement. En 1988, le gouvernement américain et Morton Thiokol ont versé des indemnités (dont le montant exact est resté confidentiel pour la plupart des familles) afin d'éviter un procès public qui aurait pu exposer davantage de documents internes.

En juillet 1986, Mulloy décide de prendre une retraite anticipée à l'âge de 52 ans, après avoir été affecté à un poste « latéral » au siège de l'agence spatiale à Washington. Le départ de Mulloy s'inscrit dans une vague de retraits au sein de la direction du centre Marshall. Il est le troisième responsable du site à quitter ses fonctions après la tragédie, après la démission en juin 1986 de William R. Lucas et la retraite anticipée de George B. Hardy quelques semaines auparavant.

L'enquête se poursuit sur fond de chaises musicales

Le 18 février 1986, William R. Graham prend la direction de la NASA en remplacement de Philip E. Culberson, ce dernier étant réaffecté à d'autres fonctions. Culberson avait pris la place de James M. Beggs, en congé sans solde et inculpé pour fraudes au moment où il était patron de General Dynamics. Deux jours plus tard, Richard H. Truly, ancien astronaute de la NASA, devient Administrateur associé pour les vols spatiaux en remplacement de Jesse W. Moore, lequel prend la direction du Johnson Space Center à Houston.

L'enquête ne se limite pas aux seules auditions. Des membres de la Commission d'enquête se sont déplacés à plusieurs reprises au Kennedy Space Center ainsi que dans les autres centres impliqués pour analyser le fonctionnement de l'agence et les rouages du programme. C'est notamment le cas les 13 et 14 février, dates auxquelles les membres de la Commission ont inspecté les installations du centre spatial, en particulier le bâtiment d'assemblage (VAB) et le pas de tir 39B d'où Challenger avait pris son envol.



En février 1986, la Commission d'enquête visite les installations au Kennedy Space Center - Photo Bettmann Archives

En marge des travaux officiels de la Commission, le physicien Richard P. Feynman a fait preuve d'une certaine autonomie, privilégiant l'analyse directe des faits techniques aux procédures bureaucratiques. Cette approche l'a amené à se rendre personnellement au Kennedy Space Center le 18 février pour inspecter l'équipement de mesure infrarouge utilisé lors du compte à rebours. Intrigué par les données indiquant des températures anormalement basses sur les propulseurs d'appoint juste avant le décollage, Feynman a voulu s'assurer de la précision de ces instruments. En examinant de près le matériel et en questionnant les techniciens sur place, il a cherché à valider si ces relevés thermiques extrêmes étaient le fruit d'une anomalie climatique locale ou d'un dysfonctionnement matériel.

Le Bureau des astronautes a tenu à s'impliquer directement dans les investigations. Le 21 février 1986, vingt-quatre astronautes ont été mobilisés pour renforcer les équipes d'enquête. Leur connaissance approfondie de la navette et de son fonctionnement a permis d'éclaircir des aspects techniques complexes. Seize d'entre eux ont été dépêchés au Kennedy Space Center, dont Robert L. Crippen. Ce dernier a été chargé de superviser la recherche des débris de la navette et a suivi de près les opérations de récupération, incluant celles de la dépouille des membres de l'équipage de Challenger.

Le 3 mars 1986, la NASA officialise l'interruption des lancements de la navette spatiale pour une période minimale de 18 mois. Ce délai doit permettre à l'agence de restructurer le programme et d'améliorer la sécurité. En attendant, les préparatifs des vols suivants sont suspendus, tandis que certains satellites qui devaient embarquer dans la navette doivent trouver d'autres solutions pour leur mise sur orbite. Les États-Unis se trouvent dans une situation compliquées car les lignes de production des lanceurs classiques américains étaient déjà en démantèlement lors du drame. Cet arrêt forcé des activités spatiales américaines profitera finalement à la fusée européenne Ariane, vers laquelle les clients se redirigeront massivement pour le déploiement de leurs satellites.

Concernant les recherches de l'épave de Challenger, l'U.S. Air Force impose aux pêcheurs une zone d'exclusion afin de faciliter la collecte des débris. Cette restriction restera en vigueur jusqu'au 1er avril 1986. Parallèlement, la cabine de l'équipage est repérée le 8 mars 1986, gisant par 30 mètres de fond à environ 29 km de la Floride. Les plongeurs mettront plusieurs semaines à extraire les restes des sept membres d'équipage en vue de procéder aux autopsies et aux cérémonies funéraires.

À la mi-mars 1986, la contestation gagne les rangs des astronautes qui accusent la direction de la NASA de négligence. L'astronaute John W. Young, figure historique de l'agence spatiale américaine, rédige un mémorandum cinglant de 12 pages un mois après la catastrophe. En tant que chef du Bureau des astronautes, il y exprime ses vives inquiétudes et reproche aux décideurs d'avoir sacrifié la sécurité au profit des impératifs de calendrier. Ce document est diffusé à l'ensemble du corps des astronautes et à la direction. Initialement pressenti pour commander la mission 61-J qui devait déployer le télescope Hubble, Young est évincé au profit de Loren L. Shriver en guise de sanction. Il ne retournera plus dans l'espace, terminant sa carrière dans l'administration de l'agence jusqu'à son départ à la retraite en 2004.

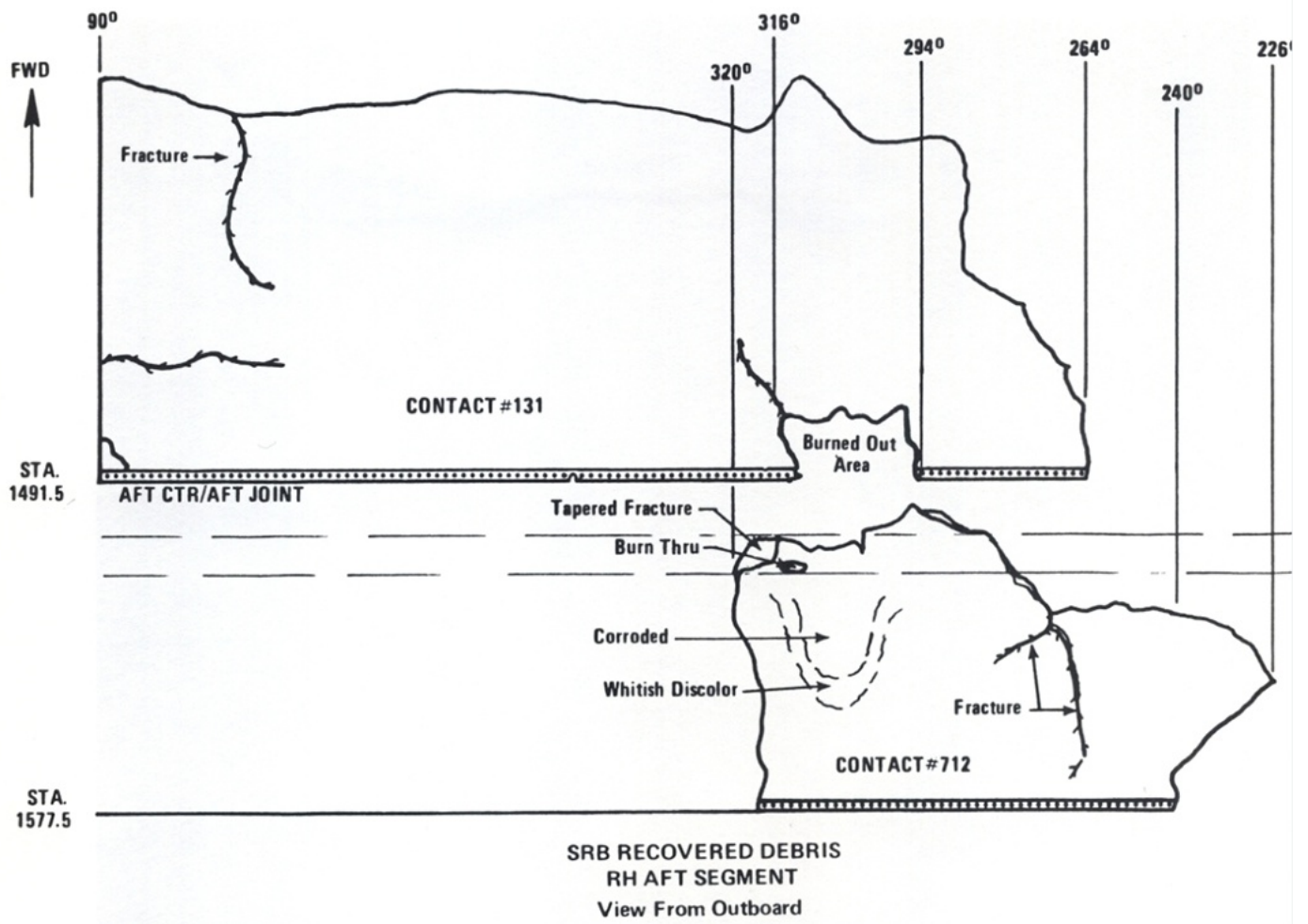
Parallèlement à la récupération des dépouilles de l'équipage, les unités avioniques sont extraites de l'épave de la cabine au cours du mois de mars 1986. Le 19 mars, les calculateurs de bord (General Purpose Computers) sont confiés aux experts d'IBM pour une analyse minutieuse. Cette expertise vise à extraire des données magnétiques résiduelles afin de compléter les informations recueillies par télémétrie lors du vol.

Le 31 mars 1986, la NASA est autorisée à lancer la remise en état du pas de tir 39B. La plateforme MLP-2 est alors rapatriée vers le bâtiment d'assemblage VAB pour subir son entretien post-lancement, rendu nécessaire par les dégradations habituelles subies lors du décollage de navette. En complément, le site fera l'objet de travaux de modernisation pour répondre aux nouvelles normes de sécurité.

Début avril, les opérations de récupération permettent de remonter du fond de l'Atlantique plusieurs pièces de grande taille de Challenger, notamment des sections du booster droit. Parmi elles, un débris repêché le 11 avril constitue la preuve irréfutable de l'accident : il s'agit de la section qui contenait le joint défaillant à l'origine du drame. On y observe un orifice causé par l'érosion thermique, confirmant que les gaz de combustion se sont frayés un chemin à travers la structure du booster. D'autres pièces provenant du propulseur droit sont remontées les semaines suivantes dont certains correspondaient à la zone de fuite des gaz.



La pièce « Contact #131 » constitue la preuve matérielle de la défaillance de Challenger. Provenant d'une section précise du booster droit, elle présente une perforation caractéristique là où les flammes ont transpercé les joints toriques.

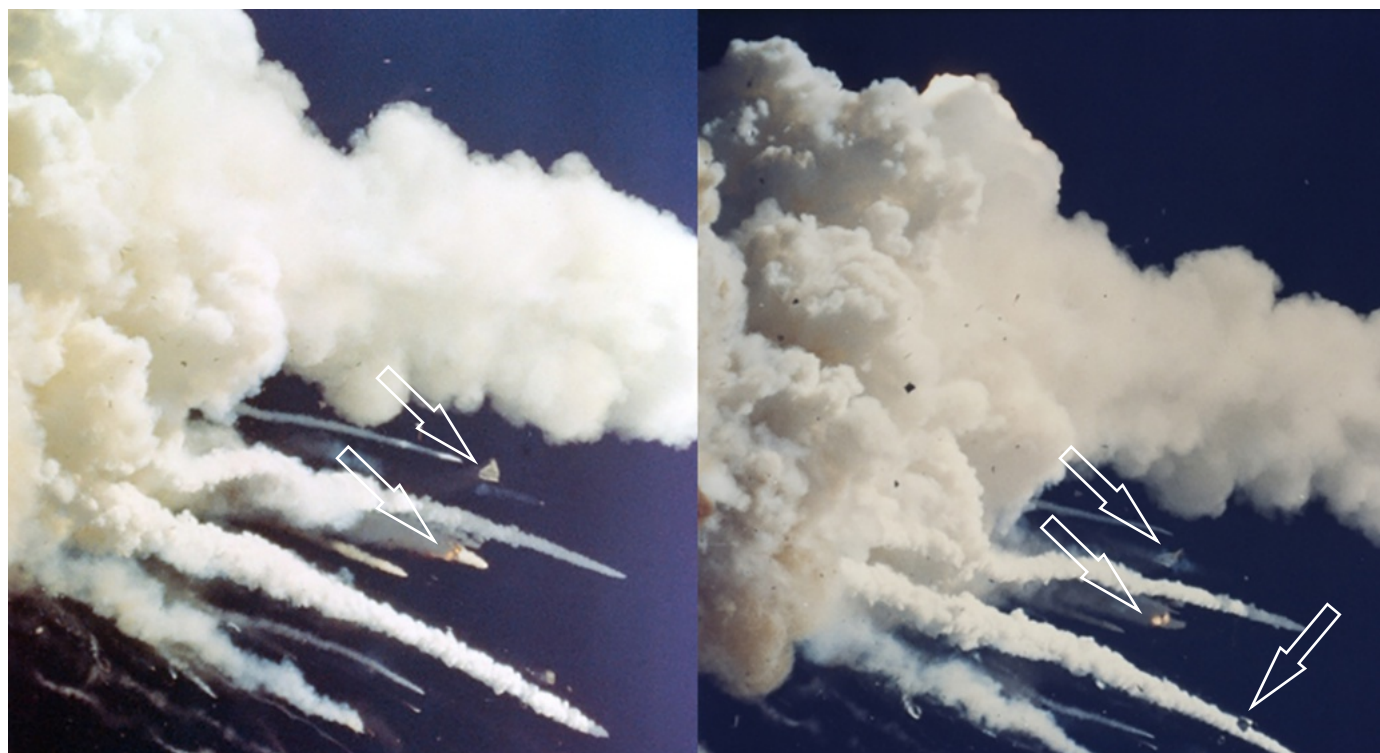


Le 18 avril 1986, la NASA a transmis officiellement son rapport préliminaire ainsi qu'une documentation technique volumineuse à la Commission Rogers. Pas moins de vingt-quatre cartons de dossiers, provenant des différents centres de l'agence spatiale, ont été remis en main propre par James Jackson Jr, secrétaire du Groupe de travail sur l'analyse des données et de la conception à Houston. Bien que cette archive soit imposante, la NASA a tempéré les attentes en précisant que l'essentiel de ces informations avait déjà été exposé lors des audiences publiques. L'objectif de cet envoi était de formaliser les preuves déjà discutées et de fournir les bases de données nécessaires à la rédaction du rapport final de la Commission d'enquête.

Le 23 avril 1986, les enquêteurs de la NASA ont entamé le démontage complet d'un propulseur d'appoint initialement prévu pour la mission 61-G afin d'étudier une nouvelle piste : une potentielle erreur de manutention lors de la phase d'assemblage. L'attention s'est portée sur un outil hydraulique de redressage utilisé pour redonner une forme parfaitement circulaire aux segments des boosters. En effet, en raison de leur poids imposant, ces cylindres d'acier ont tendance à s'affaisser et à s'ovaliser légèrement lorsqu'ils sont stockés horizontalement sur de longues périodes. Pour pouvoir les emboîter précisément les uns dans les autres lors de l'assemblage vertical, cet outil force le métal pour corriger son diamètre. Les techniciens soupçonnent que cette manipulation mécanique ait pu endommager les joints toriques ou déformer leurs logements sur le booster droit de Challenger. En démontant ce propulseur, la NASA a cherché à vérifier si l'outillage utilisé a pu, paradoxalement, créer des faiblesses structurelles restées invisibles lors des inspections de routine précédant le décollage.

Au cours de cette inspection minutieuse du booster, les ingénieurs ont mis en lumière une anomalie technique inattendue : la présence de trous dans le mastic d'étanchéité interne du propulseur. Ces perforations auraient été provoquées par la procédure de test spécifique appliquée après l'assemblage des segments des boosters jusqu'au lancement du 28 janvier. Cette découverte a démontré que le procédé de vérification, censé garantir l'étanchéité, créait en réalité des brèches. Ces trous dans le mastic favorisaient l'infiltration directe des gaz de combustion, brûlants et sous haute pression, jusqu'aux joints d'étanchéité primaires et secondaires, compromettant leur rôle d'étanchéité dans l'assemblage.

Le même jour, la NASA a publié une série de photographies numériques montrant plusieurs parties de la navette après sa dislocation. Parmi les éléments identifiés, on distingue l'aile gauche de l'orbiter, le bloc de propulsion arrière ainsi que la cabine de l'équipage qui semblait structurellement intacte après la séparation initiale.



Sur les deux photos: La flèche du haut montre l'aile gauche tandis que la flèche du milieu indique le bloc des trois moteurs SSME de la navette. La flèche du bas indique la cabine pratiquement intacte après la désintégration de la navette.



Une haie d'honneur est organisée au moment où les cercueils sont chargés dans le C-141 avant son départ pour Dover.

Le 29 avril 1986, un convoi de sept corbillards a transporté les dépouilles des astronautes de Challenger depuis le Life Sciences Facility à Cape Canaveral jusqu'à la piste d'atterrissage du Kennedy Space Center. Là, un avion Lockheed C-141 a pris le relais pour les acheminer vers la base aérienne de Dover, dans le Delaware, avant qu'elles ne soient restituées aux familles pour les obsèques.

S. Christa McAuliffe repose désormais dans la ville de Concord près du lycée où elle enseignait. Le commandant Francis R. Scobee et le pilote Michael J. Smith sont enterrés au cimetière national d'Arlington avec les honneurs militaires. A la demande de son épouse, le corps de Gregory B. Jarvis a été incinéré et les cendres dispersées dans le Pacifique au large de la Californie. Ellison L. Onizuka a également eu droit à une cérémonie militaire au cimetière national du Pacifique à Hawaï. Ronald E. McNair repose au Sud de Caroline. Quant à Judith A. Resnik, elle a été incinérée avant que ses cendres ne soient dispersées dans le Pacifique.

Enfin, pour les fragments qui n'ont pu être formellement identifiés, une cérémonie s'est tenue le 20 mai 1986 : les restes mêlés des sept membres d'équipage ont été inhumés au cimetière national d'Arlington, au sein de la section 46, tombe 1129.

En parallèle à la collecte et analyse des débris, la Commission d'enquête a poursuivi ses auditions qui se sont tenues jusqu'au 2 mai à un rythme moins soutenu. La cause de l'accident a été identifiée et les raisons qui ont conduit à l'accident également.

L'audition du 3 avril 1986 a permis à la Commission d'enquête d'examiner le fonctionnement interne de la NASA, en particulier la manière dont les questions de sécurité et les préoccupations techniques étaient traitées avant et après l'accident de la navette Challenger. Les responsables entendus ont reconnu que des problèmes techniques importants ont été identifiés en amont du vol, mais que le système de communication interne de l'agence ne permettait pas toujours de faire remonter ces

préoccupations jusqu'aux niveaux décisionnels appropriés.

Plusieurs astronautes ont également été appelés à témoigner. Ils ont expliqué qu'ils participaient régulièrement aux revues techniques, aux simulations et aux réunions de préparation des missions, tout en soulignant que leur capacité à peser sur les décisions finales restait limitée. Ils ont insisté sur le fait que la confiance des équipages dans la sûreté du système constituait un élément essentiel du programme spatial.

Les témoignages ont par ailleurs mis en évidence plusieurs difficultés structurelles. Parmi elles figurait une pénurie de pièces de rechange pour les navettes, conduisant parfois à la réutilisation de composants entre différents véhicules, avec un risque accru d'erreurs ou d'usure prématurée. La pression exercée par les plannings de lancement a également été évoquée, dans la mesure où elle réduisait les marges disponibles pour analyser et résoudre les problèmes techniques.

Un des points abordés de cette audition concerne la nécessité de renforcer l'indépendance des fonctions de sécurité au sein de la NASA. Les intervenants ont évoqué la création d'une entité autonome chargée de surveiller en continu les risques, de faire remonter les problèmes de sécurité sans filtrage hiérarchique et de s'assurer de leur résolution effective avant tout nouveau vol.

La dernière audition, tenue le 3 mai 1986, avait pour objectif d'examiner des documents relatifs à l'historique du joint défaillant de la navette Challenger, et plus particulièrement aux phénomènes d'érosion observés sur les joints des boosters. La Commission s'est attachée à comprendre comment ces problèmes étaient suivis, évalués et considérés comme « résolus » dans le système interne de la NASA. L'examen des documents a montré que certains problèmes d'érosion, pourtant jugés critiques, avaient été marqués comme clos peu avant le lancement. Il est apparu que ces clôtures résultaient d'une erreur administrative, liée à une confusion dans le système de suivi des anomalies et non d'une résolution technique effective.

Le vendredi 6 juin 1986, William P. Rogers et les membres de la commission d'enquête ont remis leur rapport au président Ronald W. Reagan lors d'une cérémonie organisée dans la roseraie de la Maison-Blanche.

Ce rapport constitue l'aboutissement de 160 entretiens, de 35 enquêtes ayant produit 12 000 pages de transcriptions, de l'analyse de 6 300 documents totalisant 122 000 pages, ainsi que de centaines de photographies. Outre les membres de la Commission, environ 1 300 employés de la NASA, 1 600 personnes issues d'autres agences gouvernementales et 3 100 employés de sociétés contractantes ont été sollicités au cours de l'enquête. Le rapport final, d'un volume de 256 pages, met en cause la NASA et la société Morton Thiokol dans leur gestion du problème des boosters et dans la décision prise dans la nuit du 27 au 28 janvier 1986.

La Commission demande notamment à la NASA de ne plus écarter les astronautes des décisions de lancement. Elle indique que les certifications et les revues d'aptitude au vol étaient conformes aux normes en vigueur, mais que la décision de procéder au lancement avait été prise sur la base d'informations incomplètes, issues des essais et des données de vols précédents, voire erronées. Les joints des boosters, classés risque de niveau 1, c'est-à-dire susceptibles d'entraîner la perte de la navette et de son équipage, auraient dû conduire les responsables à mesurer pleinement les dangers liés à un lancement dans des conditions qu'ils jugeaient eux-mêmes critiques.

La Commission formule neuf recommandations à l'attention de la NASA et demande que celle-ci fournisse un rapport de suivi directement au Président des États-Unis.

Le 28 août 1986, la recherche des débris de la navette Challenger est arrêtée. Elle aura coûté 100 millions de dollars et mobilisé 6 000 personnes. Vingt-deux bateaux dont 3 de la NASA, 6 sous-marins et 33 avions ont ratissé 9 300 km² de côtes Atlantique jusqu'à 365 mètres de profondeur. La collecte aura permis de récupérer 518 fragments de la navette soit environ 15 tonnes sur les quelques 320 tonnes que représentaient la masse du véhicule au décollage (booster + réservoir + orbiter avec charge utile). Quelques pièces de la navette ont été récupérées quelques années plus tard lorsqu'elles ont refait surface.

Les recommandations de la Commission d'enquête

1 - Revoir les joints des boosters

Revoir la conception du joint des boosters ainsi que leur fixation. Le nouveau design devra tenir compte des conditions réelles d'utilisation (fabrication, préparation, intégration, lancement). Le Conseil National de la Sécurité doit former un comité technique chargé de suivre les travaux.

2 - Revoir l'organigramme du programme des navettes spatiales

Revoir l'organigramme du programme des navettes spatiales et y intégrer des astronautes qui pourront accéder à des postes de direction. Création d'une commission de sécurité des vols.

3 - Réévaluation des éléments critiques de la navette spatiale

Une étude approfondie doit être réalisée pour tous les composants critiques de façon à pouvoir réévaluer leur fiabilité et envisager des améliorations si nécessaire.

4 - Création d'un Bureau de la sécurité

Création d'un bureau de la sécurité, fiabilité, maintenance et contrôle qualité qui sera chargé d'analyser les risques liés aux activités et programmes de la NASA.

5 - Éliminer l'isolement de la hiérarchie

Éliminer l'isolement des managers et créer une réglementation de lancement complète, cohérente et contraignante. Désormais, les réunions d'aptitudes au vol devront être enregistrées.

6 - Améliorer les trains d'atterrissage des navettes spatiales

La marge de sécurité du train d'atterrissage de l'orbiter doit être améliorée. Lors de vols précédents, il est arrivé que des pneus éclatent à l'atterrissage. La NASA doit améliorer la sécurité lors des atterrissages au KSC. En attendant, les navettes se poseront à la base d'Edwards en Californie, vaste région désertique dotée de multiples pistes d'atterrissage, contrairement à Cap Canaveral qui ne dispose que d'une seule piste.

7 - Améliorer les procédures d'urgence

Améliorer les procédures de retour d'urgence de façon à ce que celui-ci se déroule dans une sécurité maximale. Disposer à bord de chaque orbiter d'un système d'évacuation d'urgence si la sécurité l'exige. Si les astronautes de Challenger avaient disposé d'une combinaison pressurisée et d'une perche permettant d'évacuer la cabine pendant sa chute vers l'océan, ils seraient tous revenus à terre sains et saufs.

8 - Établir un rythme de lancement réaliste pour les navettes spatiales

La NASA doit déterminer un rythme de lancement annuel réaliste et qui tiendrait compte de la sécurité, de la disponibilité des orbiters ainsi que du budget alloué au programme. Les États-Unis ne peuvent se permettre de ne dépendre que d'un seul lanceur, à savoir la navette. Désormais, les chaînes de fabrication des lanceurs vont être à nouveau en route et seront du ressort de privés comme Martin Marietta (qui fusionnera avec General Dynamics pour devenir Lockheed Martin), General Dynamics (qui utilise la fusée Atlas) et McDonnell Douglas avec sa fusée Delta (qui sera racheté quelques années plus tard par Boeing)..

9 - Prévoir un stock de pièces de rechange

La NASA doit développer et exécuter un plan d'inspection des opérations de maintenance, restaurer le programme des pièces de rechange.

Les sessions des auditions de la Commission Rogers

Session à huis clos du 6 février 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

William R. Graham (Acting Administrator - NASA)
Jesse W. Moore (Associate Administrator for space flight - NASA)
Arnold A. Aldrich (Manager, National space transportation systems program, Johnson Space Center - NASA)
Judson A. Lovingood (Deputy Manager, Shuttle Projects office, Marshall Space Flight Center - NASA)
Robert Sieck (Director of Shuttle operations, Kennedy Space Center - NASA)
Thomas L. Moser (Director, Engineering, Johnson Space Center - NASA)
Richard H. Kors (Deputy Manager, National Space transportation systems program, Johnson Space Center - NASA)

Session à huis clos du 7 février 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

Marvin L. Jones (Director of Safety, Reliability, Quality Assurance and Protective Services at Kennedy Space Center - NASA)
Stanley D. Kline (agent spécial pour les opérations antiterroristes au FBI)
Jesse W. Moore (Associate Administrator for space flight - NASA)
Arnold A. Aldrich (Manager, National space transportation systems program, Johnson Space Center - NASA)

Session à huis clos du 10 février 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

L. Michael Weeks (Deputy Associate Administrator for Space Flight - NASA)
Irvin Davids (Shuttle propulsion Division - NASA)
Lawrence B. Mulloy (Project Manager, solid rocket boosters, Marshall Space Flight Center - NASA)

Session publique du 11 février 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

William R. Graham (Acting Administrator - NASA)
Jesse W. Moore (Associate Administrator for space flight - NASA)
Lawrence B. Mulloy (Project Manager, solid rocket boosters, Marshall Space Flight Center - NASA)
Richard C. Cook (Resource Analyst at NASA's Comptroller's Office - NASA)
Michael B. Mann (Chief, STS Resources Analysis Branch, Office of The Comptroller - NASA)
David L. Winterhalter (Acting Director, Shuttle Propulsion Group - NASA)

Session à huis clos du 13 février 1986 (Kennedy Space Center). Ont été entendus :

Richard H. Kors (Deputy Manager, National Space transportation systems program, Johnson Space Center - NASA)
Charles G. Stevenson (Photographic Team Analysis, Kennedy Space Center - NASA)
Dr. William R. Lucas (Director, Marshall Space Flight Center - NASA)
Jesse W. Moore (Associate Administrator for space flight - NASA)
Milton A. Silveira (Chief Engineer - NASA)
George B. Hardy (Deputy Director, Science and Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
James H. Lamberty (Director of shuttle engineering, Kennedy Space Center - NASA)
James F. Harrington (Flow Director for Columbia and Challenger Orbiter - NASA)
Thomas J. Lee (Deputy director, Marshall Space Flight Center - NASA)
Richard Bachtol (NASA)
Thomas L. Moser (Director, Engineering, Johnson Space Center - NASA)

Session à huis clos du 14 février 1986 (Kennedy Space Center). Ont été entendus :

Lawrence B. Mulloy (Project Manager, solid rocket boosters, Marshall Space Flight Center - NASA)
Jerald E. Mason (Senior Vice President, Wasatch Operations - Morton Thiokol)
Robert K. Lund (Vice President, Engineering - Morton Thiokol)
Roger M. Boisjoly (Structures Section - Morton Thiokol)
Arnold R. Thompson (Supervisor, Rocket Motor Cases - Morton Thiokol)
Allan J. McDonald (Director, SRM Project - Morton Thiokol)

Session publique du 25 février 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

Allan J. McDonald (Director, SRM Project - Morton Thiokol)
Jerald E. Mason (Senior Vice President, Wasatch Operations - Morton Thiokol)
Roger M. Boisjoly (Structures Section - Morton Thiokol)
Arnold R. Thompson (Supervisor, Rocket Motor Cases - Morton Thiokol)
Robert K. Lund (Vice President, Engineering - Morton Thiokol)
Joseph C. Kilminster (Vice President, Space Booster Programs - Morton Thiokol)
Brian Russell (Manager of Systems Engineering - Morton Thiokol)

Session publique du 26 février 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

Lawrence B. Mulloy (Project Manager, solid rocket boosters, Marshall Space Flight Center - NASA)
George B. Hardy (Deputy Director, Science and Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
Stanley R. Reinartz (Manager, Shuttle Projects Office, Marshall Space Flight Center - NASA)
Judson A. Lovingood (Deputy Manager, Shuttle Projects Office, Marshall Space Flight Center - NASA)
Charles G. Stevenson (Photographic Team Analysis, Kennedy Space Center - NASA)
Billy K. Davis (Director of the « ICE Team », Kennedy Space Center - NASA)
Edward F. Kolczynski (Commander of Detachment 11, 2d Weather Squadron at Patrick Air Force Base)

Session publique du 27 février 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

Charles G. Stevenson (Photographic Team Analysis, Kennedy Space Center - NASA)
Billy K. Davis (Director of the « ICE Team », Kennedy Space Center - NASA)
Edward F. Kolczynski (Commander of Detachment 11, 2d Weather Squadron at Patrick Air Force Base)
Rocco A. Petrone (President, Space Transportation Systems Division, North American Space Operations - Rockwell International)
Robert M. Glaysher (Vice President and Program Manager, Orbiter Operations Support - Rockwell International)
Martin Cioffoletti (Vice President, Space Transportation Systems Integration - Rockwell International)
A. Martin (Site Director, Launch Support Operations, Kennedy Space Center - Rockwell International)
Arnold A. Aldrich (Manager, National space transportation systems program, Johnson Space Center - NASA)
Dr. William R. Lucas (Director, Marshall Space Flight Center - NASA)
Jesse W. Moore (Associate Administrator for space flight - NASA)
Richard G. Smith (Director, Kennedy Space Center - NASA)
James A. Thomas (Director, Launch and Landing Operations, Kennedy Space Center - NASA)
Ben Powers (Engineer, Structures and Propulsion Laboratory, Marshall Space Flight Center - NASA)

Session publique du 7 mars 1986 (Kennedy Space Center). Ont été entendus :

Edward O'Connor (Colonel in the United States Air Force, Eastern Space and Missile Center)
Robert Lang (Shuttle Operations, Mechanical Systems Division, Kennedy Space Center - NASA)
Carver Kennedy (Director of VAB Operations, and Vice President of Space Operations at KSC - Morton Thiokol)
Bill Barsh (Engineering Manager, External Tank/Solid Rocket Booster Operations - Lockheed Space Operations Company).
Thomas L. Moser (Director, Engineering, Johnson Space Center - NASA)
Jerrol W. Littles (Associate Director for Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
Thomas J. Lee (Deputy director, Marshall Space Flight Center - NASA)
Gary A. Coultas (Assistant Manager, Orbiter Projects, Johnson Space Center - NASA)
George D. Hopson (Director, Systems Analysis and Integration Laboratory, Marshall Space Flight Center - NASA)

Session publique du 21 mars 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

James R. Thompson Jr. (Vice Chairman, 51L, Data and Design and Analyst Task Force - NASA)
Edward O'Connor (Colonel in the United States Air Force, Eastern Space and Missile Center)
Daniel M. Germany (Chairman, photo and television support team, Cape Canaveral, and Deputy Manager, Space Station Project Office, Johnson Flight Space Center - NASA)
Charles G. Stevenson (Photographic Team Analysis, Kennedy Space Center - NASA)

Dr. George F. McDonough (Deputy Associate Director, Engineering Marshall Space Flight Center - NASA)
George Erickson (Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
Robert S. Ryan (Chief, Structural Dynamics Division Systems Dynamics Laboratory, Marshall Space Flight Center - NASA)
Jerrol W. Littles (Associate Director for Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
Harold N. Scofield, Chief, Control Systems Division, Marshall Space Flight Center - NASA)
Garry M. Lyles (, Propulsion Analysis Branch, Structures and Propulsion Laboratory, Marshall Space Flight Center - NASA)
Frederick D. Bachtel (Thermal Engineering Branch, Structures and Propulsion Laboratory, Marshall Space Flight Center - NASA)

Session publique du 3 avril 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

George W.S. Abbey (Director of Flight Crew Operations, Johnson Space Center - NASA)
John W. Young (Astronaute, Chief, Astronaut Office, Johnson Space Center - NASA)
Paul J. Weitz (Astronaute, Deputy Chief, Astronaut Office, Johnson Space Center - NASA)
Robert L. Crippen (Astronaute, Johnson Space Center - NASA)
Henry W. Hartsfield Jr (Astronaute, Johnson Space Center - NASA)
Richard H. Truly (ancien astronaute, Associate Administrator for space flight, Johnson Space Center - NASA)
Arnold A. Aldrich (Manager, National space transportation systems program, Johnson Space Center - NASA)
C. E. Charlesworth (Director of space operations, Johnson Space Center - NASA)

Session publique du 2 mai 1986 (Washington, D.C.). Ont été entendus :

Lawrence B. Mulloy (Project Manager, solid rocket boosters, Marshall Space Flight Center - NASA)
Lawrence O. Wear (Manager, Solid Rocket Motor Project, Marshall Space Flight Center - NASA)
Brian G. Russell (Program Manager, Department of solid rocket motor and Final Assembly - Morton Thiokol)
Robert Ebeling (Department of solid rocket motor igniter and Final Assembly - Morton Thiokol)
Allan J. McDonald (Director, SRM Project - Morton Thiokol)
Joseph C. Kilminster (Vice President, Space Booster Programs - Morton Thiokol)
Roger M. Boisjoly (Structures Section - Morton Thiokol)
George B. Hardy (Deputy Director, Science and Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
James E. Kingsbury (Science and Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
Robert G. Eudy (Chief Engineer, Office of Associate Director For Engineering, Marshall Space Flight Center - NASA)
John O. Miller (Technical Assistant To Solid Rocket Motor Manager, Marshall Space Flight Center - NASA)
Glynn S. Lunney (Manager, National Space Transportation Systems Program Office, Marshall Space Flight Center - NASA)
L. Michael Weeks (Associate Administrator for space flight - NASA)

Le cas Richard P. Feynman

Le physicien et prix Nobel, Richard P. Feynman intègre la Commission Rogers sur proposition de William R. Graham, administrateur par intérim de la NASA et l'un de ses anciens élèves au Caltech, bien qu'il soit initialement réticent à l'égard du cadre bureaucratique de l'enquête. Au sein d'un panel composé d'astronautes, de militaires, de juristes et d'industriels, il adopte une démarche d'investigation indépendante. Plutôt que de se limiter aux auditions formelles, il mène sa propre enquête sur le terrain, interrogeant directement les ingénieurs de la NASA et des sous-traitants.

Cette approche met en évidence un écart significatif dans l'évaluation des risques : alors que la direction de la NASA estime la probabilité de défaillance des boosters à 1 sur 100 000, les techniciens l'évaluent plus proche de 1 sur 100. Le 11 février 1986, lors d'une séance publique, Feynman démontre la perte d'élasticité des joints toriques en immergeant un échantillon dans l'eau glacée, illustrant l'effet des températures négatives subies lors du lancement.

D'abord écartées, ses conclusions intègrent l'annexe F du rapport final après qu'il a menacé de retirer sa signature. Il y dénonce la subordination de la sécurité aux impératifs de gestion. Son analyse conclut que la réalité physique doit prévaloir sur les relations publiques, car la nature ne peut être trompée.

L'après Challenger

Les conséquences de l'accident de Challenger

Outre la perte tragique d'une navette et de sept astronautes, l'accident de Challenger a provoqué un séisme dans le programme spatial américain.

Alors que les astronautes arpentent encore la surface lunaire dans les années 70, la NASA songe déjà à l'après-Apollo sur fond de coupes budgétaires. L'agence mise sur l'utile et le pragmatisme financier. Elle imagine un successeur aux fusées classiques : la Navette Spatiale. Initialement conçue comme un petit avion orbital 100 % réutilisable, le projet se heurte vite à la réalité des coûts qui dépassent l'enveloppe allouée par le Congrès. Pour sauver le programme, la NASA se tourne vers les militaires en vantant les capacités de déploiement de satellites espions. Le Département de la Défense accepte, mais impose ses conditions : une soute immense et des ailes en delta pour des manœuvres de retour spécifiques. C'est ainsi que naît la navette sous sa forme définitive, entérinée par le Congrès en janvier 1973, pour un premier vol en avril 1981.

L'ambition initiale était totale : passer de la « fusée à papa » « au vaisseau de science-fiction capable de tout faire ». Pour rentabiliser l'exploitation, la cadence devait être industrielle. La navette est déclarée système de lancement opérationnel universel, entraînant l'arrêt progressif des chaînes de production des fusées Atlas, Delta et Titan. Le concept initial prévoyait un lancement par semaine ; avec l'architecture finale, l'ambition fut ramenée à deux vols mensuels.

Lorsque Challenger explose le 28 janvier 1986, le stock de fusées classiques est presque vide. La NASA entame alors une série noire avec plusieurs explosions de lanceurs les mois suivants. Au moment où la Commission Rogers rend ses conclusions, l'Amérique est clouée au sol. Relancer les chaînes de production ne se fait pas du jour au lendemain. C'est dans ce vide capacitaire que l'Europe tire son épingle du jeu : la fusée Ariane récupère la clientèle mondiale et devient, en moins de deux ans, le leader du marché commercial.

L'accident force également une refonte brutale de la philosophie du programme. Traumatisé par la perte de ses accès à l'espace, le Pentagone se retire du programme et abandonne le pas de tir de Vandenberg. La navette perd son principal soutien politique. A la reprise des vols en 1988, il ne reste que quelques missions classifiées et quelques satellites qui dépendent entièrement de la navette pour être lancés. Mais l'essentiel de ses missions seront consacrées à la recherche et à l'assemblage de la station spatiale internationale.

Aux États-Unis, il faudra attendre trois ans pour que les chaînes de réapprovisionnement redémarrent, sous l'autorité d'industriels comme Lockheed Martin et Boeing (qui absorberont General Dynamics et McDonnell Douglas pour former United Launch Alliance en 2006). Mais le mal est fait : jamais un opérateur privé américain ne parviendra à supplanter la fusée européenne jusqu'à l'arrivée de la Falcon 9 de SpaceX en 2010 et qui bouleversera les codes établis depuis 60 ans.

Quant à la navette, déchu de son rôle de « bus spatial universel », elle finira sa carrière comme un pur véhicule de transport lourd, essentiel à l'assemblage laborieux de l'ISS.

Reprendre les vols spatiaux mais avec plus de sécurité

Après la publication du rapport de la Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident début juin 1986, le House Science and Technology Committee de la Chambre des représentants des États-Unis a ouvert sa propre série d'auditions publiques consacrées à l'accident de la navette Challenger et aux conclusions du rapport Rogers.

Tenues à partir du 10 juin 1986 et jusqu'à la fin du mois de juillet, ces auditions ne constituaient pas une nouvelle enquête technique, mais relevaient du contrôle parlementaire du programme spatial. Elles avaient pour objectif d'examiner la réponse de la NASA aux conclusions de la Commission Rogers et d'évaluer les conditions institutionnelles, organisationnelles et budgétaires nécessaires à la poursuite du programme de la navette spatiale.

Elles s'inscrivent ainsi comme une étape intermédiaire entre l'enquête et la reprise des vols, en posant le cadre politique et administratif dans lequel la remise en service du système de transport spatial américain pouvait être envisagée. Les travaux du comité ont mis en lumière la nécessité d'une réforme profonde de la gestion de la sécurité au sein de l'agence. En interrogeant les responsables de la NASA sur la mise en œuvre des recommandations de la Commission Rogers, les élus ont insisté sur la création d'un bureau indépendant de sécurité, de fiabilité et d'assurance qualité. Ces auditions ont également permis de valider les budgets nécessaires à la refonte technique des boosters et à l'amélioration des procédures de communication interne, garantissant que les préoccupations des ingénieurs de terrain atteignent désormais systématiquement les décideurs de haut niveau.

Après l'accident de Challenger, la NASA s'efforce de remettre programme spatial sur les rails. Ce processus passe par une refonte du management de l'agence et de nombreux aspects techniques de la navette spatiale vont être corrigés.

Au total, pas moins de 450 modifications sont apportées à la navette, dont 56 sont jugées importantes. L'agence recense alors 1 475 composants classés « C1 », une catégorie critique où la défaillance d'une seule pièce entraînerait la perte de l'orbiter et de son équipage. Pour garantir la fiabilité, la plupart des systèmes et composants principaux sont démontés puis renvoyés chez les constructeurs pour révision ou vérification.

Une centaine de ces modifications concernent directement la structure de la navette. Ils portent essentiellement sur le système de freinage, qui avait montré des faiblesses lors de vols précédents, le renforcement de la protection thermique sur les ailes et le nez, ainsi que la sécurisation des systèmes de contrôle d'attitude, de puissance hydraulique et des moteurs principaux. Enfin, un nouveau dispositif de sauvetage par parachutes est installé pour l'équipage.

Une attention particulière a été portée aux boosters, dont le nouveau concept a fait l'objet d'une campagne d'essais rigoureuse : les joints sont entièrement redessinés, l'articulation interne des segments est revue et un troisième joint est ajouté. Un système de chauffage est également installé pour éviter que les joints ne durcissent, complété par des retouches sur la tuyère et le système d'allumage.

Parallèlement, le planning des lancements est revu à la baisse pour ne plus subir la pression opérationnelle qui avait conduit au drame. Désormais privée de ses missions commerciales au profit des lanceurs classiques (Titan, Atlas et Delta), la navette voit sa cadence réduite à huit vols annuels dans le meilleur des cas. L'armée américaine, qui comptait sur l'engin pour ses satellites lourds, se retire progressivement du programme ; seuls quelques vols militaires subsistent avant l'abandon définitif de ce mode de transport par le Pentagone en 1993.

Afin de compenser la perte de Challenger, le Congrès américain autorise la construction d'un nouvel orbiter. Le 31 juillet 1987, la NASA signe un contrat de 1,37 milliard de dollars pour une cinquième navette. Sa structure est en partie assemblée grâce aux pièces de rechange commandées dès 1983 (fuselage arrière, section médiane, demi-fuselage avant, dérive verticale, voile, élévons et body flap). Pour la baptiser, la NASA lance un concours dans les écoles primaires et secondaires : parmi 422 noms proposés, celui d'« Endeavour » est retenu et annoncé par le président George H.W. Bush en 1989.

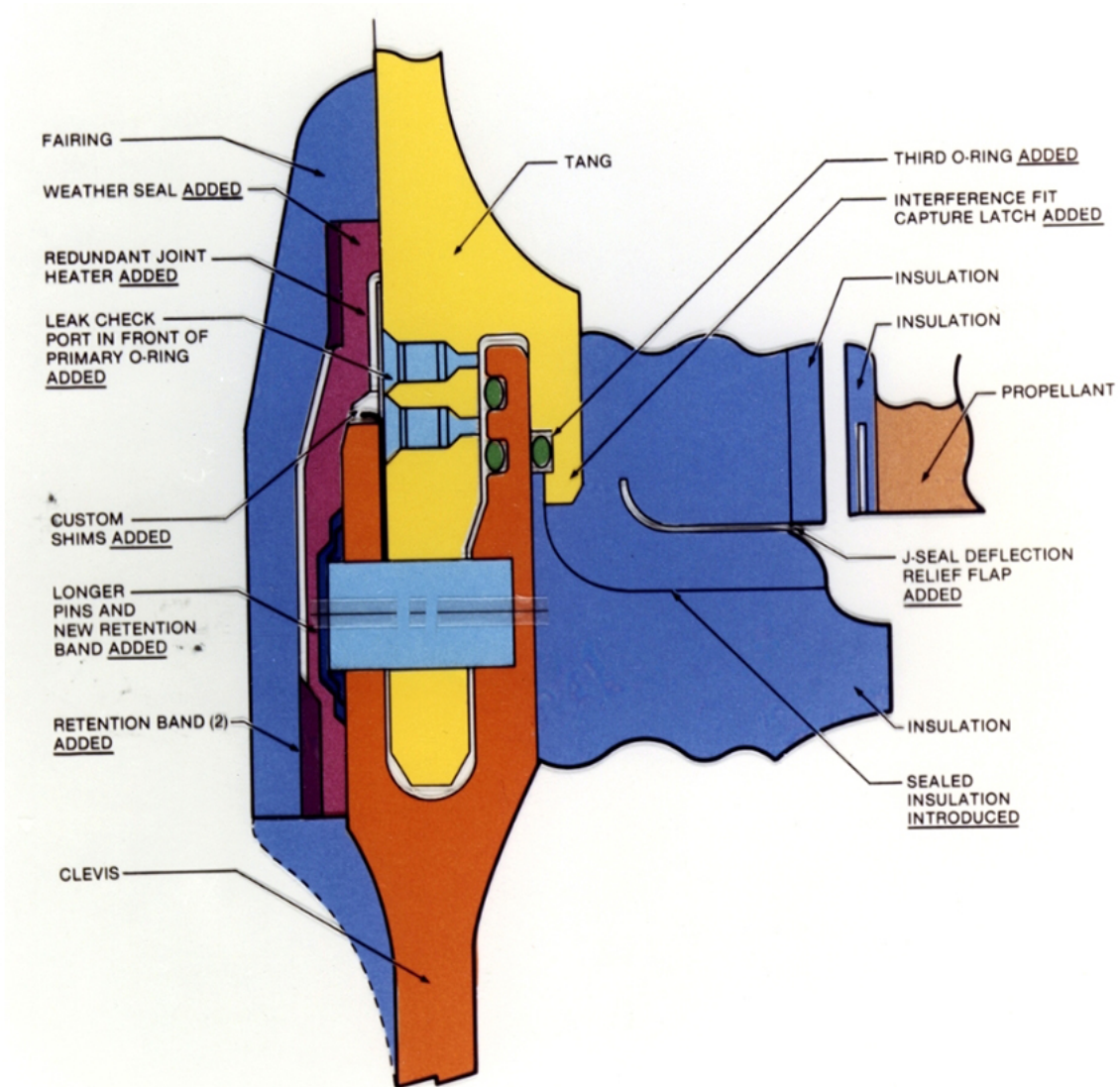
Le 29 septembre 1988, Discovery s'élance avec cinq astronautes depuis le même pas de tir de Challenger. Trente-deux mois de travail ont été nécessaires pour sécuriser le véhicule et corriger les anomalies observées lors des vingt-cinq premiers vols.

À partir de mai 1992, la flotte américaine compte à nouveau quatre orbiters dédiés prioritairement à la recherche scientifique. Suite à l'effondrement de l'Union Soviétique, les États-Unis initient un rapprochement avec la Russie, intégrant cette dernière au projet de station spatiale internationale ISS. Dans ce nouveau contexte géopolitique, la navette effectue plusieurs missions d'amarrage à la station russe Mir, avant que celle-ci ne soit délaissée au profit du complexe orbital ISS. Dès décembre 1998, les navettes Discovery, Atlantis et Endeavour sont mobilisées pour la construction de ce vaste assemblage spatial, un chantier complexe qui ne s'achèvera qu'en juillet 2011.

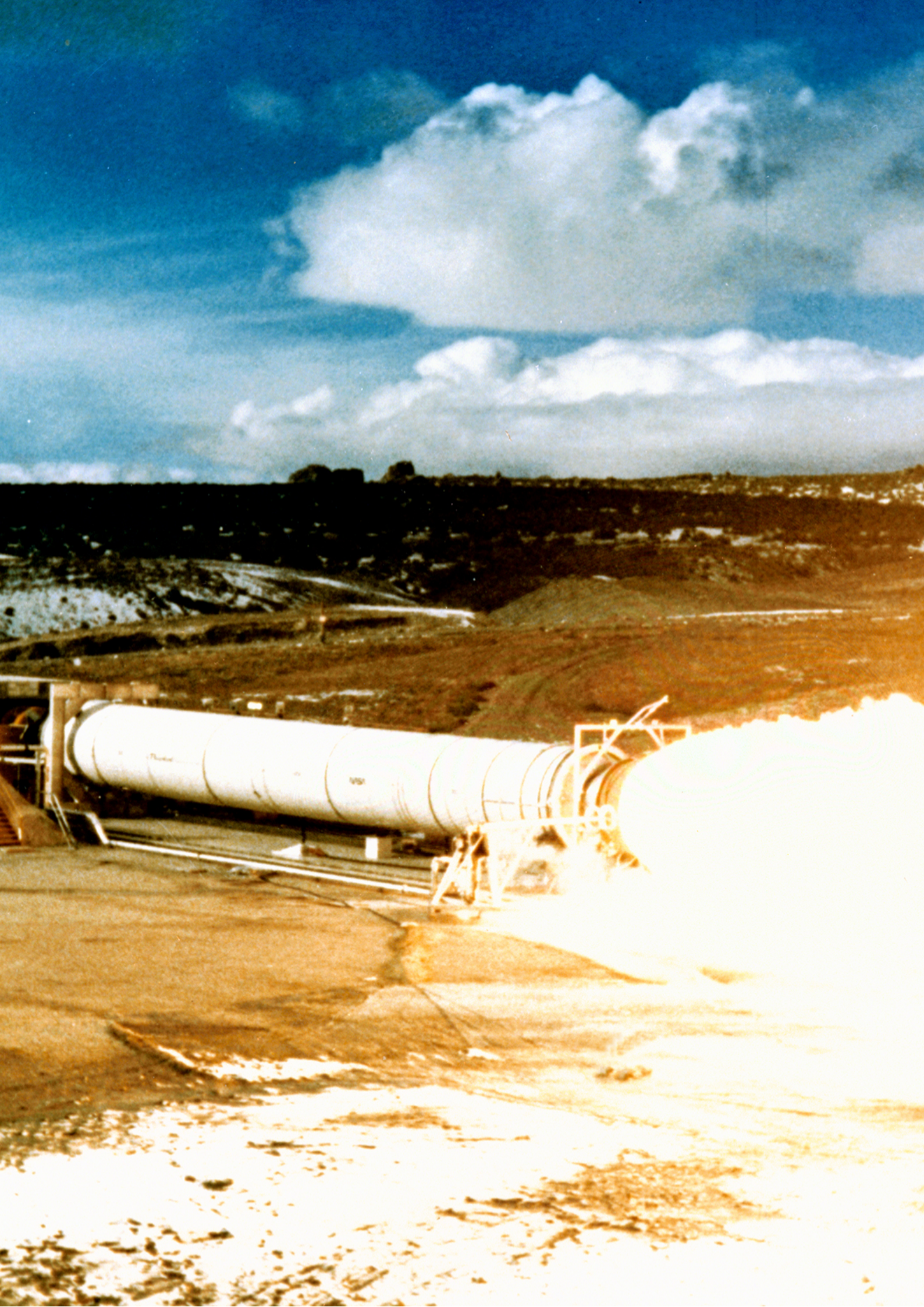
De son côté, Columbia, l'orbiter le plus lourd de la flotte, est affectée aux missions scientifiques autonomes ne nécessitant pas de hautes performances orbitales ou d'amarrage à la station. C'est au cours de l'une de ces missions de routine qu'elle se

désintègre lors de sa rentrée atmosphérique, le 1er février 2003, conduisant à la mort des sept astronautes qu'elle transportait, au terme d'une mission de seize jours en orbite.

L'enquête technique et organisationnelle qui suit ce drame révèle que les leçons de la catastrophe de Challenger ont été progressivement oubliées par l'agence spatiale. Si la cause physique de l'accident diffère, les défaillances administratives et les travers décisionnels au sein de la NASA s'avèrent identiques à ceux de 1986. Cette seconde perte humaine et matérielle constitue le tournant décisif du programme spatial américain. La décision est alors prise de retirer les navettes du service dès que la construction de l'ISS sera achevée. En juillet 2011, la mission STS-135 effectuée par Atlantis clôture définitivement l'ère des navettes spatiales après trente ans d'activité.



Le nouveau design du système d'assemblage entre deux segments du booster avec l'ajout d'un troisième joint torique.



VIII. LES BOOSTERS

UN PROBLEME DE CONCEPTION

Le 19 octobre 1978, troisième test d'un booster sur le site de Morton Thiokol.

Les Solid Rocket Boosters

La conception préliminaire du booster

En 1972, le programme Space Shuttle est accepté par le Président Nixon et officiellement lancé. Le design a alors déjà évolué par rapport aux premiers schémas sortis. Les contraintes budgétaires poussent la NASA à rechercher le soutien de l'U.S. Air Force, qui accepte de s'associer au programme à condition que la navette soit adaptée à ses besoins opérationnels. L'engin prend ainsi des dimensions importantes et adopte la configuration que l'on connaît aujourd'hui. Dans un premier temps, l'utilisation de propulseurs à ergols liquides est envisagée, mais, là encore pour des raisons de coûts, la NASA se tourne vers des propulseurs à poudre, réputés plus simples et plus fiables, et déjà utilisés à plus petite échelle sur les fusées Titan.

C'est dans ce contexte qu'est lancé l'appel d'offres pour les boosters, plus communément appelés « Solid Rocket Boosters » ou SRB. Quatre entreprises soumettent une proposition : Morton Thiokol, Aerojet Solid Propulsion Co., Lockheed Propulsion Co. et United Technologies. L'évaluation menée par le Source Evaluation Board montre que Thiokol n'est pas le mieux classé sur le plan strictement technique, se plaçant quatrième pour la conception, le développement et la vérification, mais second pour la fabrication et le support produit, et premier pour la gestion. Au score global de Mission Suitability, Thiokol arrive en deuxième position, à égalité avec United Technologies.

Le critère déterminant reste toutefois le coût. Dans un rapport daté du 12 décembre 1973, ils soulignent que les avantages financiers de l'offre Morton Thiokol sont substantiels et constants dans l'ensemble des domaines évalués, en particulier durant les phases initiales du programme. L'analyse montre que le motoriste est en mesure de réaliser le développement et la production des boosters à un coût inférieur à celui de ses concurrents, et que le coût par vol attendu serait le plus bas. Toute autre sélection aurait entraîné un surcoût jugé significatif.

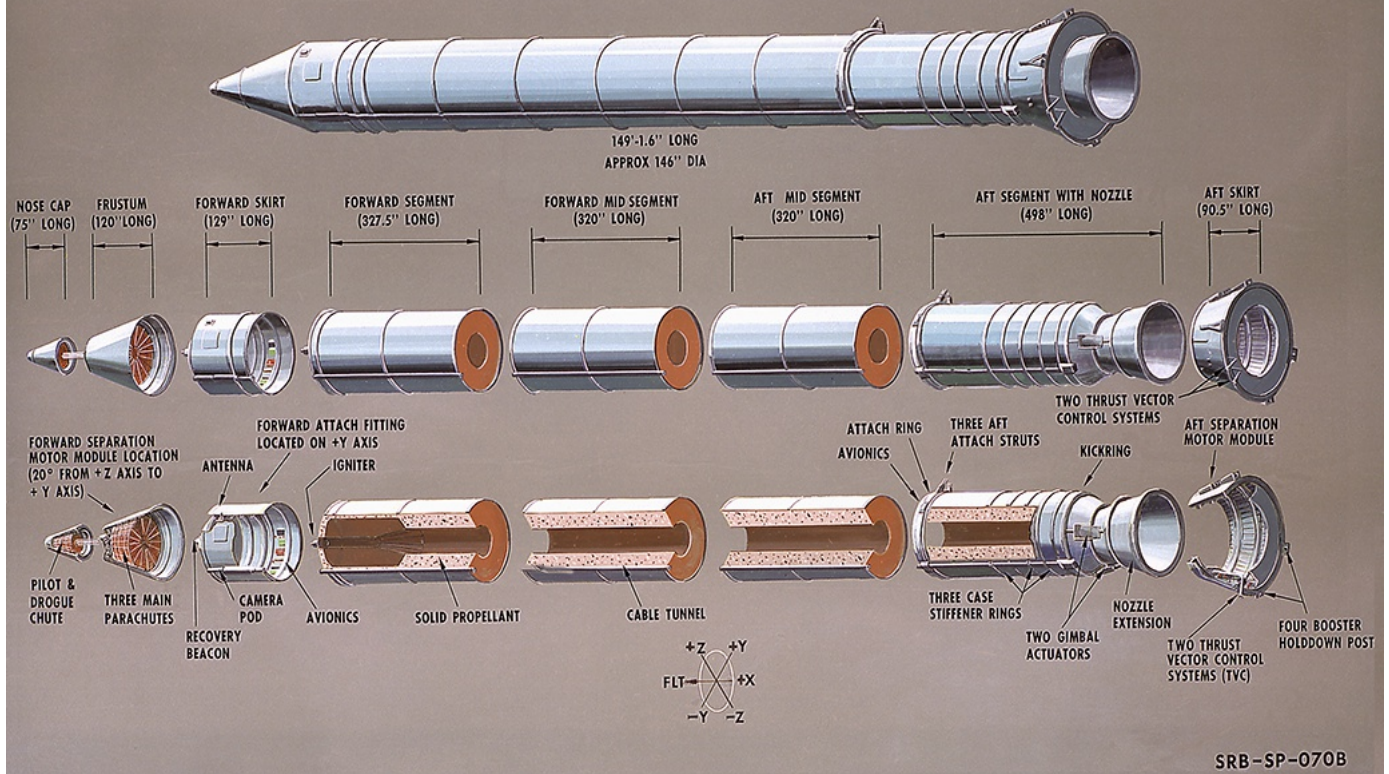
Les responsables de la NASA mettent également en avant certains choix de conception, notamment l'architecture des joints : l'utilisation de deux joints toriques redondants et de ports de test permettant de vérifier l'étanchéité sans pressuriser l'ensemble du moteur est présentée comme une innovation améliorant la fiabilité tout en réduisant les opérations sur le site de lancement. Les principales réserves techniques identifiées sont considérées comme corrigibles et ne remettent pas en cause l'avantage économique global. Sur cette base, la NASA attribue à Morton Thiokol un contrat à coûts majorés avec prime d'incitation, estimé à environ 800 millions de dollars (aux conditions économiques de l'époque).

Les boosters de la navette spatiale sont au nombre de deux et fournissent à eux seuls environ 90 % de la poussée au décollage, soit près de 23 536 kN. Chacun contient environ 500 tonnes de propergol solide, entièrement consommées en un peu plus de deux minutes, pour une masse unitaire au décollage d'environ 590 tonnes. La construction de boosters monoblocs est techniquement envisageable, mais leur transport par rails depuis l'usine de production de l'Utah jusqu'au Kennedy Space Center est irréaliste. Pour cette raison, Morton Thiokol adopte une architecture segmentée, reprenant un principe déjà utilisé avec succès sur les propulseurs des fusées Titan.

Les boosters des Titan et ceux de la navette, bien que fabriqués par le même industriel, présentent toutefois des différences. Sur les Titan, chaque joint entre segments repose sur un unique joint torique, dont le rôle est de compléter l'isolation mais non de supporter directement la pression de combustion. L'isolation des segments s'emboîte étroitement afin de limiter les fuites, et la tang du joint est relativement courte, ce qui la rend peu sensible au fléchissement sous pression. Les joints sont moulés en une seule pièce à partir de caoutchouc Viton, sans dispositif spécifique permettant de vérifier l'étanchéité après l'assemblage. Ces moteurs sont conçus pour un usage unique.

Dans le cas de la navette spatiale, les boosters sont conçus dès l'origine pour être récupérés et réutilisés jusqu'à vingt fois afin de réduire les coûts d'exploitation. Cette contrainte conduit à une architecture différente. Chaque booster est constitué de quatre segments remplis de poudre, assemblés pour obtenir la longueur souhaitée, les segments étant reliés entre eux par un système de chevilles. L'étanchéité entre segments est assurée par deux joints toriques : un joint primaire destiné à supporter la pression de combustion et un joint secondaire jouant un rôle de secours en cas de défaillance du premier. Entre les

SOLID ROCKET BOOSTER—SRB



Architecture en segments des boosters de la navette spatiale

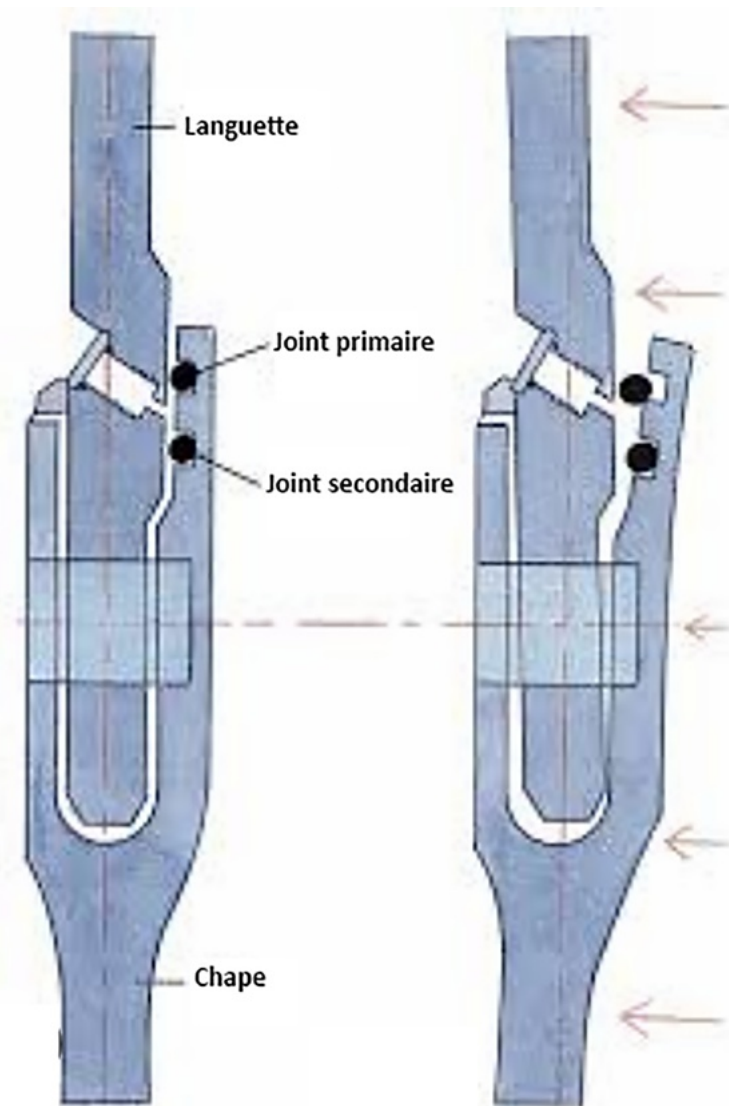
segments, un mélange de mastic et d'amiante est utilisé pour protéger les joints et participer à leur mise en compression. La tang est allongée afin de pouvoir loger les deux joints, ce qui la rend plus sensible au fléchissement sous l'effet de la pression interne.

Contrairement aux boosters de Titan, ceux de la navette disposent d'un port latéral permettant de vérifier l'étanchéité des joints sans pressuriser l'ensemble du moteur. Les joints toriques sont fabriqués à partir de sections de Viton collées entre elles, réparables si nécessaire, et inspectées uniquement en surface. Pour les essais sur banc, les boosters sont assemblés en position horizontale, un choix qui suscite des inquiétudes chez Morton Thiokol. Le motoriste s'inquiète à la fois du manque d'expérience pour des moteurs solides de cette taille et du fait que l'assemblage horizontal nécessite des dispositifs spécifiques pour maintenir les segments et réaliser les contrôles de fuite et d'alignement. Lors des essais de combustion, les segments et les joints ne sont pas soumis aux mêmes conditions que lors d'un lancement réel, effectué à la verticale, ce qui peut à la fois fausser les résultats des tests et entraîner des contraintes supplémentaires sur le matériel.

La rotation des joints, les premiers doutes

En 1977, Morton Thiokol procède à un essai d'explosion hydraulique consistant à tester la résistance des carters en acier en simulant l'allumage d'un moteur. Pour réaliser ce test, MTI pressurise le carter à une pression 1,5 fois supérieure à celle subie en vol, afin de garantir une marge structurelle suffisante.

Le test démontre que le carter répond aux exigences de résistance, mais révèle qu'un jeu se crée entre la languette du joint et la chape intérieure. Ce phénomène de rotation des joints s'explique par le fait que, durant la combustion, chaque segment gonfle en son centre sous la pression des gaz. Les bords des segments perdent alors leur alignement, créant un jeu de 52 millièmes de pouce (1,3 mm).



À gauche, avant allumage du booster. À droite, la pression dans le segment pousse la languette, créant un jeu dans la chape.

Bien que le phénomène n'ait pas été anticipé, Thiokol juge que cette anomalie ne compromet pas la sécurité du moteur. Aucun test complémentaire n'est effectué pour confirmer ou infirmer l'impact de ce jeu sur l'étanchéité du joint.

Alors que Thiokol estime que la rotation des joints ne pose pas de problème, le Marshall Space Flight Center est d'un avis opposé. Dans une note du 2 septembre 1977, Glenn R. Eudy, ingénieur en chef de la division des moteurs-fusées à propergol solide de Marshall, informe Alexander A. McCool Jr, directeur du laboratoire des structures et de la propulsion, que ce défaut de conception devait être corrigé afin d'éliminer tout risque de jeu pour les joints toriques.

Dans un rapport daté du 21 octobre 1977, l'ingénieur William L. Ray qualifie l'absence de modification de « inacceptable » et recommanda de redessiner la languette tout en réduisant la tolérance sur la chape. Il considère cette correction comme étant la « meilleure solution à long terme ».

Suite au rapport de Ray, John Q. Miller, chef de section à Marshall, envoie le 9 janvier 1978 une note à son supérieur décrivant les problèmes d'étanchéité. Il souligne qu'une correction est « impérative pour éviter les fuites de gaz chauds et la défaillance catastrophique qui en résulterait ». Sans réponse, Miller envoie une seconde note le 19 janvier 1979 pour s'opposer fermement à la conception de Thiokol. Bien qu'une copie ait été transmise à George B. Hardy, chef de projet des propulseurs, Thiokol n'aurait jamais reçu ces notes et aucune réponse d'Eudy à Miller n'a été retrouvée.

En février 1979, Leon Ray se rend chez deux fabricants spécialisés de joints toriques, Precision Rubber Products et Parker Seal, accompagné de Glenn Eudy pour la première visite. L'objectif est de confronter les données de tests de Thiokol à l'expertise

de spécialistes du secteur. Les responsables de Precision Rubber expriment alors une vive inquiétude : l'écartement provoqué par la rotation du joint est bien plus important que tout ce qu'ils ont rencontré dans leur expérience industrielle.

Selon le rapport de William L. Ray, les experts concluent que le joint torique est sollicité au-delà de ses capacités de conception initiales. Ils recommandent même d'abandonner ce concept au profit d'un type de joint totalement différent. Malgré ces conclusions alarmantes provenant d'experts extérieurs à la NASA et à Thiokol, aucune modification majeure n'est entreprise, figeant ainsi une conception jugée dangereuse par les spécialistes dès 1979.

Des tests statiques réalisés en juillet 1978 et avril 1980 démontrent à nouveau que le mouvement relatif entre la languette interne et la chape est plus important que prévu initialement. Malgré l'évidence, Thiokol continue de remettre en question la validité de ces mesures de rotation articulaire et leur incidence sur la disponibilité du joint torique secondaire.

En 1980, la NASA met sur pied un comité de vérification et de certification de la navette spatiale afin d'étudier l'ensemble du système. À cette occasion, l'agence spatiale rencontre le personnel en charge du programme SRB et soulève plusieurs préoccupations concernant la conception du joint. D'une part, le test d'étanchéité du propulseur pressurise le joint torique principal dans le mauvais sens, ce qui oblige le joint à se déplacer physiquement dans sa gorge au moment de l'allumage avant de pouvoir assurer l'étanchéité. D'autre part, l'effet du mastic isolant fourni par Fuller-O'Brien est jugé incertain. Au début des années 80, la société cesse sa production en raison de la présence d'amiante. Morton Thiokol se tourne alors vers Randolp qui fournit un mastic au chromate de zinc avec une charge d'amiante dès la mission STS-8. Enfin, la redondance réelle des joints toriques est mentionnée comme un point critique à vérifier.

Cette question de la redondance révèle une contradiction interne majeure. Un rapport suggère alors que le second joint n'a pour but que de tester le premier, rendant la redondance facultative. Cette position est fermement contestée par le chef de projet des boosters, George B. Hardy, pour qui la capacité du second joint à sceller le moteur en cas de défaillance du premier est une exigence de conception absolue. Selon lui, l'idée d'un joint non redondant est totalement étrangère aux spécifications du programme.

En mai 1980, le comité recommande d'intensifier les essais, notamment en simulant des tirs à des températures comprises entre 4 et 90 °F (-15,5 °C à 32,2 °C). Il exige également un test d'éclatement avec un joint retiré, jugeant les analyses de la NASA insuffisantes car elles ignorent les déformations du métal sous pression et les charges de flexion. La réponse formulée en septembre 1980 rejette ces doutes. L'agence affirme que les tests déjà effectués valident la conception et que l'utilisation de joints plus grands et de cales plus épaisses garantit des coefficients de sécurité adéquats. Le design est ainsi définitivement entériné pour le programme opérationnel.

Le 15 septembre 1980, le moteur est officiellement déclaré apte au vol. Peu après, le 24 novembre, le joint du propulseur est classé en catégorie de criticité 1R. Cette classification indique que la NASA considère le système comme redondant, estimant que le joint secondaire assurerait l'étanchéité en cas de défaillance du premier.

Pourtant, les documents internes de l'époque admettent une incertitude. On ignore si cette redondance est encore effective une fois que la pression atteint 40 % de sa valeur maximale, seuil où la rotation du joint devient critique. Malgré cette réserve technique explicite, le système conserve son statut 1R, permettant ainsi l'ouverture de l'ère opérationnelle de la navette spatiale. Cependant, en décembre 1982, la NASA finit par classer les joints en catégorie de criticité 1, c'est-à-dire non-redondant.

Les essais en taille réelle

En parallèle aux échanges concernant les risques liés au phénomène de rotation des joints, Morton Thiokol a procédé à une série de tests des boosters sur son banc d'essai dans l'Utah.

Le 18 juillet 1977, l'essai du moteur de démonstration DM-1 est un succès complet et permet de valider les performances du moteur. Trois autres tests sont réalisés dans la même configuration jusqu'en février 1979. Aucune anomalie notable n'est

constatée et l'architecture du booster est validée. Par la suite, trois tests de qualification (QM-1 à QM-3), effectués dans la configuration de vol entre juillet 1979 et février 1980, permettent de déclarer le booster apte pour le service.

Booster	Date	Solid Rocket Booster	Joint/O-Ring	Pressure (psi)		Erosion	Blow-by	Joint Temp °F (°C)
				Segment	Tuyère			
DM-1	18-07-1977	-	-	NA	NA	-	-	84 (28,9)
DM-2	18-01-1978	-	-	NA	NA	-	-	49 (9,4)
DM-3	19-10-1978	-	-	NA	NA	-	-	61 (16,1)
DM-4	17-02-1979	-	-	NA	NA	-	-	40 (4,4)
QM-1	13-07-1979	-	-	NA	NA	-	-	83 (28,3)
QM-2	27-09-1979	-	-	NA	NA	-	-	67 (19,4)
QM-3	13-02-1980	-	-	NA	NA	-	-	45 (7,2)

Tableau reprenant les données des tests des boosters avant le premier vol de la navette en 1981.

Vers une normalisation de la déviance

Le 12 avril 1981, Columbia est la première navette du programme à s'envoler. Après un fonctionnement nominal les deux premières minutes de vol, les deux boosters sont retombés dans l'Atlantique et sont récupérés pour expertise. Une attention toute particulière est portée à l'examen de l'état des joints, mais les résultats sont encourageants puisqu'aucun défaut n'est découvert. Les joints sont alors considérés comme un risque acceptable. Thiokol est conforté dans l'idée que les corrections apportées suffisent, évitant ainsi une remise en cause de la conception qui aurait entraîné un retard de deux ans et un coût important.

Lors du second vol de Columbia le 12 novembre 1981, les premiers problèmes de joints toriques apparaissent. À la surprise générale, une érosion d'une profondeur de 1,3 mm est découverte sur un joint. Un tel phénomène n'avait jamais été observé auparavant, que ce soit sur les fusées Titan ou sur les moteurs au banc d'essai.

Lors des tests de pressurisation, des bulles d'air s'immiscent dans le mastic utilisé pour protéger les joints. Sous l'effet de la chaleur, ces bulles échauffent le joint, provoquant son érosion. Malgré cette dégradation, le joint est resté parfaitement étanche. Des analyses ont conclu qu'une érosion allant jusqu'à 2,3 mm était possible sans rupture. Des tests complémentaires, réalisés avec des joints érodés à 2,4 mm sous une pression trois fois supérieure à celle du vol, n'ont révélé aucun défaut d'étanchéité.

Le phénomène ne sera pas rapporté durant la STS-3 Flight Readiness Review ni dans le SRB Problem Assessment System.

Le 17 décembre 1982, les joints des boosters sont passés du niveau C1R (redondant) à C1 en raison de la rotation des joints qui a conduit à la perte du joint secondaire comme joint de secours. Ce changement de statut a conduit néanmoins l'administrateur associé de la NASA, L. Michael Weeks, à approuver le 28 mars 1983 une dérogation pour les joints toriques, ce qui a permis de continuer à faire voler la navette dans ces conditions. Pour justifier cette dérogation, Weeks s'est appuyé sur le fait que le passage en catégorie de criticité 1 signifiait que la NASA avait officiellement reconnu que le joint secondaire ne servait plus de secours. En théorie, les deux joints devaient assurer une double sécurité, mais les ingénieurs ont constaté que la pression au décollage déformait le métal et créait un écartement (la rotation) tel que le second joint ne parvenait plus à assurer l'étanchéité. Puisque ce défaut technique rendait le système non redondant, la NASA a dû lever une dérogation administrative pour continuer les vols : elle a admis qu'en cas de défaillance du joint primaire, la perte du véhicule était inévitable, transformant ainsi un élément de sécurité en un point de défaillance unique.

En novembre 1983, la pression utilisée pour le test d'étanchéité des joints toriques est augmentée, passant de 50 à 100 psi. Cette décision est prise en raison des préoccupations croissantes concernant la fiabilité de l'étanchéité du moteur. Cependant, cette modification des paramètres de test a eu une conséquence directe et imprévue : elle a provoqué une hausse importante du taux d'incident sur les joints toriques. Alors que des anomalies étaient constatées sur 12 % des vols auparavant, ce chiffre est monté à 56 % après l'application de cette nouvelle procédure de contrôle.

Le 3 février 1984, lors de la mission 41-B effectuée par la navette Challenger, des inspections ont révélé deux anomalies distinctes. Une érosion a été constatée sur le joint torique primaire du segment avant gauche, tandis qu'une érosion similaire a touché le joint primaire de la tuyère du booster droit. Suite à ces observations, l'industriel Morton Thiokol a déposé un rapport de problème officiel. Le centre Marshall de la NASA a identifié l'anomalie et a assuré son suivi sous la référence A07934. Malgré ces alertes, le rapport du centre Marshall a conclu qu'il existait bien une possibilité d'érosion des joints toriques lors des vols futurs, mais que cela ne constituait pas pour autant une contrainte pour les lancements à venir.

Le 6 avril 1984, la mission Challenger 41-C a de nouveau révélé des défaillances lors de l'examen du matériel récupéré. Une érosion est observée sur le joint torique primaire du raccord de la tuyère du booster droit. Par ailleurs, l'inspection du joint du segment arrière gauche a montré la présence d'un trou dans le mastic d'isolation, ce qui a entraîné un effet de la chaleur directement sur le joint torique.

Face aux préoccupations persistantes de la NASA, Thiokol soumet un programme d'étude intitulé Protection of SRM Primary Motor Seals le 4 mai 1984. Ce plan vise à analyser de façon systématique l'érosion et la carbonisation des joints toriques afin de proposer des moyens d'en limiter ou d'en éliminer les dommages, notamment par une étude approfondie de leur manipulation. Cette proposition est alors considérée comme une réponse provisoire et incomplète aux attentes du centre Marshall.

La réponse finale n'intervient que quinze mois plus tard, le 19 août 1985, lors d'une présentation technique réalisée par Morton Thiokol au siège de la NASA. Ce briefing est considéré comme la réponse finale et permet de clore l'action ouverte à la suite de la mission 41-C concernant la dégradation des joints. Cette étape ne débouche toutefois ni sur une modification immédiate de la conception, ni sur une exigence de refonte complète, mais s'inscrit dans la continuité d'études et de mesures correctives limitées visant à mieux caractériser le comportement des joints existants plutôt qu'à en remettre en cause le principe de fonctionnement.

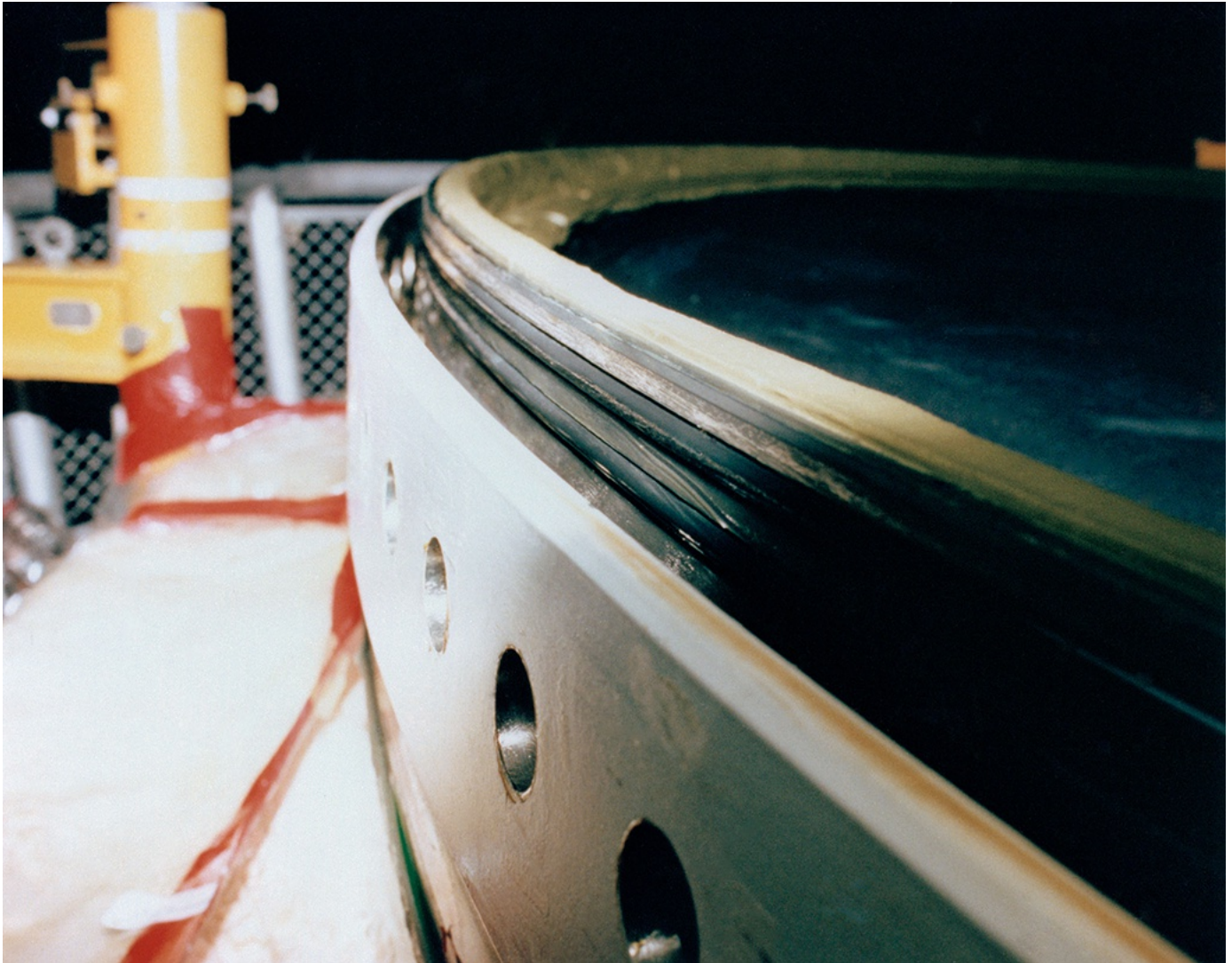
Le 30 août 1984, lors de la mission 41-D avec la navette Discovery, de nouvelles dégradations sont observées sur les boosters. Une érosion est relevée sur le joint torique primaire du segment avant droit. De plus, le joint de la tuyère du booster gauche présentait à la fois une érosion du joint torique primaire et une fuite de compression, confirmant la persistance des défauts d'étanchéité.

Tout au long de l'été 1984, les discussions se poursuivent entre le centre Marshall de la NASA et Thiokol sur la nature exacte des problèmes d'étanchéité rencontrés. Deux facteurs sont identifiés comme des causes possibles : les changements dans la composition du mastic et l'apparition de bulles d'air au sein de celui-ci. Ces soufflures sont provoquées par le contrôle d'étanchéité, désormais effectué à une pression accrue de 100 psi, ce qui fragilise la barrière thermique. Malgré ces incertitudes techniques, le calendrier des vols est maintenu.

Le 24 janvier 1985, la mission 51-C marque le lancement le plus froid réalisé à ce jour, avec une température de 53 °F (environ 11 °C). Les inspections menées après le vol révèlent des dommages significatifs sur plusieurs niveaux. Le joint du segment central droit présente une érosion du joint torique primaire ainsi qu'une fuite de compression. De manière plus alarmante, des traces de suie noire et des effets de la chaleur sont observés sur le joint torique secondaire, ce qui prouve que le premier joint n'est pas totalement étanche. Enfin, des fuites de compression sont détectées sur les joints de tuyère des deux boosters, ainsi que sur le joint du segment avant gauche.

En avril 1985, en raison des préoccupations persistantes concernant les joints toriques, la pression de contrôle d'étanchéité augmente à nouveau, passant de 100 à 200 psi. Ce changement de paramètres aggrave encore la situation : l'incidence de l'érosion des joints toriques bondit, passant de 56 % à 88 % des vols.

Au cours du premier semestre 1985, les incidents se succèdent et confirment la fragilité du système d'étanchéité lors de trois lancements consécutifs. Le 12 avril, la mission 51-D révèle des érosions sur les joints des buses droite et gauche. Ce phénomène s'aggrave le 29 avril lors de la mission 51-B, où des érosions sont à nouveau constatées sur les joints de tuyère des deux boosters, accompagnées d'une fuite de compression sur celui de gauche. Enfin, le 17 juin, la mission 51-G confirme



Chape d'un segment de booster avec vue sur les 2 joints toriques dans leur emplacement.

Au cours de l'été 1985, Roger M. Boisjoly formalise par écrit ses préoccupations concernant la persistance de l'érosion des joints toriques et les risques associés aux fuites de gaz chauds. Dans ce mémorandum, il souligne la nécessité d'accorder une attention prioritaire à la recherche d'une solution technique durable. Toutefois, la prise en charge du problème reste lente. Le groupe de travail chargé d'étudier le comportement de l'articulation du propulseur est constitué avec retard et ses travaux sont engagés sans qu'un statut de priorité élevée ne soit formellement attribué, ce qui limite la rapidité et l'ampleur des actions entreprises.

Au cours du dernier semestre de l'année 1985, trois des quatre missions de la navette spatiale sont marquées par des problèmes sur les joints toriques. Le 27 août, le vol 51-I présente une érosion au niveau du joint de la tuyère du booster gauche. Le 30 octobre, la mission 61-A révèle non seulement une érosion sur le joint de la tuyère du booster droit, mais aussi des fuites de gaz sur les joints des segments central gauche et arrière gauche. Enfin, le 30 novembre, le vol 61-B confirme la fragilité persistante du matériel avec une érosion sur le joint de la tuyère du booster droit, accompagnée d'une érosion et d'une fuite de compression sur celui du booster gauche..

Le 12 janvier 1986, soit 16 jours avant l'accident de Challenger, la navette Columbia s'envole pour la mission 61-C. Comme pour les précédentes missions, elle est affectée par des problèmes sur les joints toriques. Les inspections post-lancement révèlent une érosion sur le joint de la tuyère droite ainsi que sur le joint du segment arrière gauche. De plus, une fuite de gaz est détectée sur le joint de la tuyère gauche. Après ce lancement, tous les signaux sont au rouge concernant la sécurité des vols de la navette spatiale.

Booster	Date	Solid Rocket Booster	Joint/O-Ring	Presssure (psi)		Erosion	Blow-by	Joint Temp °F (°C)
				Segment	Tuyère			
STS-1	12-04-1981	-	-	50	50	-	-	66 (18,9)
STS-2	12-11-1981	(Droite)	Segment arrière/Primaire	50	50	X	-	70 (21,1)
STS-3	22-03-1981	-	-	50	50	NA	NA	80 (26,7)
STS-4	27-06-1982	Inconnu : boosters perdus en mer		50	50	NA	NA	80 (26,7)
STS-5	11-11-1982	-	-	50	50	-	-	68 (20)
STS-6	04-04-1983	(Droite)	Tuyère/Primaire	50	50	(1)	-	67 (19,4)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	50	50	(1)	-	67 (19,4)
STS-7	18-06-1983	-	-	50	50	-	-	72 (22,2)
STS-8	30-08-1983	-	-	100	50	-	-	73 (22,8)
STS-9	28-11-1983	-	-	100(2)	100	-	-	70 (21,1)
41-B	03-02-1984	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	100	X	-	57 (13,9)
		(Gauche)	Segment avant/Primaire	200	100	X	-	57 (13,9)
41-C	06-04-1984	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	100	X	-	63 (17,2)
		(Gauche)	Segment arrière/Primaire	200	100	(3)	-	63 (17,2)
		(Droite)	Allumeur/Primaire	NA	NA	-	X	63 (17,2)
41-D	30-08-1984	(Droite)	Segment avant/Primaire	200	100	X	-	70 (21,1)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	100	X	X	70 (21,1)
		(Droite)	Allumeur/Primaire	NA	NA	-	X	70 (21,1)
41-G	05-10-1984	-	-	200	100	-	-	67 (19,4)
DM-6	25-10-1984	-	Joint intérieur/Primaire	NA	NA	X	X	52 (11,1)
51-A	08-11-1984	-	-	200	100	-	-	67 (19,4)
51-C	24-01-1985	(Droite)	Segment central/Primaire	200	100	X	X	53 (11,7)
		(Droite)	Segment	200	100	(4)	-	53 (11,7)
		(Droite)	Tuyère/Primaire	200	100	-	X	53 (11,7)
		(Gauche)	Segment avant/Primaire	200	100	X	X	53 (11,7)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	100	-	X	53 (11,7)
51-D	12-04-1985	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	200	X	-	67 (19,4)
		(Droite)	Allumeur/Primaire	NA	NA	-	X	67 (19,4)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	200	X	-	67 (19,4)
		(Gauche)	Allumeur/Primaire	NA	NA	-	X	67 (19,4)
51-B	29-04-1985	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	100	X	-	75 (23,9)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	100	X	X	75 (23,9)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	100	X	-	75 (23,9)
DM-7	09-05-1985	-	Tuyère/Primaire	NA	NA	X	-	61 (16,1)
51-G	17-06-1985	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	200	X(5)	X	70 (21,1)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	200	X	X	70 (21,1)
		(Gauche)	Allumeur/Primaire	NA	NA	-	X	70 (21,1)
51-F	29-07-1985	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	200	(6)	-	81 (27,2)
51-I	27-08-1985	(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	200	X(7)	-	76 (24,4)
51-J	03-10-1985	-	-	200	200	-	-	79 (26,1)
61-A	30-10-1985	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	200	X	-	75 (23,9)
		(Gauche)	Segment arrière/Primaire	200	200	-	X	75 (23,9)
		(Gauche)	Segment central/Primaire	200	200	-	X	75 (23,9)
61-B	26-11-1985	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	200	X	-	76 (24,4)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	200	X	X	76 (24,4)
61-C	12-01-1986	(Droite)	Tuyère/Primaire	200	200	X	-	58 (14,4)
		(Gauche)	Segment arrière/Primaire	200	200	X	-	58 (14,4)
		(Gauche)	Tuyère/Primaire	200	200	-	X	58 (14,4)
51-L	28-01-1986	-	-	200	200	-	-	31 (-0,6)

- (1) Sur STS-6, les deux tuyères présentaient un passage de gaz chaud détecté dans le mastic, avec une indication de chaleur sur le joint torique primaire.
- (2) Sur STS-9, l'un des joints de champ du booster droit a été pressurisé à 200 psi après un désempilement.
- (3) Sur la mission 41-C, un passage de gaz chaud a été détecté dans le mastic du champ arrière gauche, avec des traces de chaleur sur le joint torique primaire.
- (4) Sur un joint central de la mission 51-C, de la suie a été soufflée par le primaire et un effet thermique a été observé sur le secondaire.
- (5) Sur la mission 51-G, la tuyère droite présente une érosion à deux endroits sur le joint torique primaire.
- (6) Sur la mission 51-F, un passage de gaz chaud a été détecté dans le mastic de la tuyère droite, avec des traces de chaleur sur le joint torique primaire.
- (7) Sur la mission 51-I, la tuyère gauche présentait une érosion à deux endroits sur le joint torique primaire.



IX. LES ANNEXES

EN COMPLEMENT

Un morceau de l'aile droite de la navette, où l'on peut encore lire le nom « Challenger ».

ANNEXE 1 - L'EQUIPAGE

Le sort de l'équipage de Challenger

La NASA n'a pas pu déterminer avec une certitude absolue la cause exacte du décès des sept membres d'équipage de la navette Challenger. Toutefois, les expertises ont établi qu'il est possible, sans que cela soit une affirmation définitive, qu'une perte de conscience soit survenue dans les secondes suivant la désintégration de l'orbiter.

La commission Rogers a choisi de ne pas aborder directement le sort des astronautes ni de fournir de détails précis sur l'épave de la cabine dans son rapport final. Que ce soit par la NASA ou par la Commission d'enquête, aucune photo de la cabine après sa découverte n'a été rendue publique, tout comme le site exact où elle a été localisée dans l'Atlantique, bien que la presse ait eu vent de l'emplacement grâce aux écoutes des communications radio de la Marine.

Lors de la rupture aérodynamique à 14 630 mètres d'altitude, Challenger volait à 3 180 km/h. La cabine s'est alors désolidarisée, poursuivant son ascension par inertie durant 25 secondes jusqu'à atteindre 19 800 mètres. Durant cette phase, les astronautes ont subi une accélération brève mais intense, comprise entre 12 et 20 G, les plaquant violemment contre leurs sièges. Toutefois, les experts ont déduit que ces forces étaient insuffisantes pour provoquer des blessures graves ou un décès immédiat. En deux secondes, l'accélération a chuté sous les 4 G, et en moins de dix secondes, le compartiment de l'équipage se trouvait déjà en chute libre. Ces contraintes structurelles initiales sont ainsi jugées physiologiquement supportables.

Immédiatement après la désintégration de l'orbiter, plusieurs fragments de dimensions importantes ont pu être photographiés alors qu'ils émergeaient du nuage de débris et de vapeur. Parmi ces éléments, la cabine d'équipage était identifiable à l'image par sa forme caractéristique. Si les caméras de suivi optique ont rapidement perdu sa trace en raison de l'arrière-plan grisâtre du ciel, l'un des radars a néanmoins réussi à suivre sa trace.



Indiquée par une flèche, la cabine de Challenger surgit du nuage de vapeur et débris.

L'un des fragments majeurs, identifié sous le nom de code « Objet D », a été monitoré par radar durant l'intégralité de sa trajectoire jusqu'à son impact avec l'océan, 207 secondes après le décollage. Selon les estimations, ce débris mesurait environ 5 mètres, ce qui correspondrait au module d'équipage. Les enregistrements optiques montrent que l'objet est apparu d'un blanc éclatant jusqu'à T+175 secondes, avant de présenter une alternance d'éclats blancs et noirs jusqu'à T+187 secondes, pour finir par devenir une silhouette sombre. Cette séquence visuelle confirme que la cabine effectuait un mouvement de rotation lente sur son axe, exposant successivement la base recouverte de tuiles noires de protection thermique et les côtés et le dessus de tuiles blanches.

La cabine a fait une chute libre pendant 2 minutes et 19 secondes avant son impact avec l'océan Atlantique à 333 km/h, générant une force de freinage estimé entre 200 à 220 G, fatale pour un être humain..

L'habitacle de Challenger a été localisé le 8 mars 1986 à 30 mètres de profondeur, environ 29 kilomètres au nord-est du site de lancement. Les plongeurs dépêchés sur place ont entamé la récupération des dépouilles des sept astronautes, mais l'état de dégradation de l'épave représentait un risque sécuritaire pour les équipes. Le module a donc dû être remonté sur le pont de l'USS Preserver afin d'achever les opérations. Le 15 avril, les corps ont été transportés pour autopsie avant d'être remis aux proches.

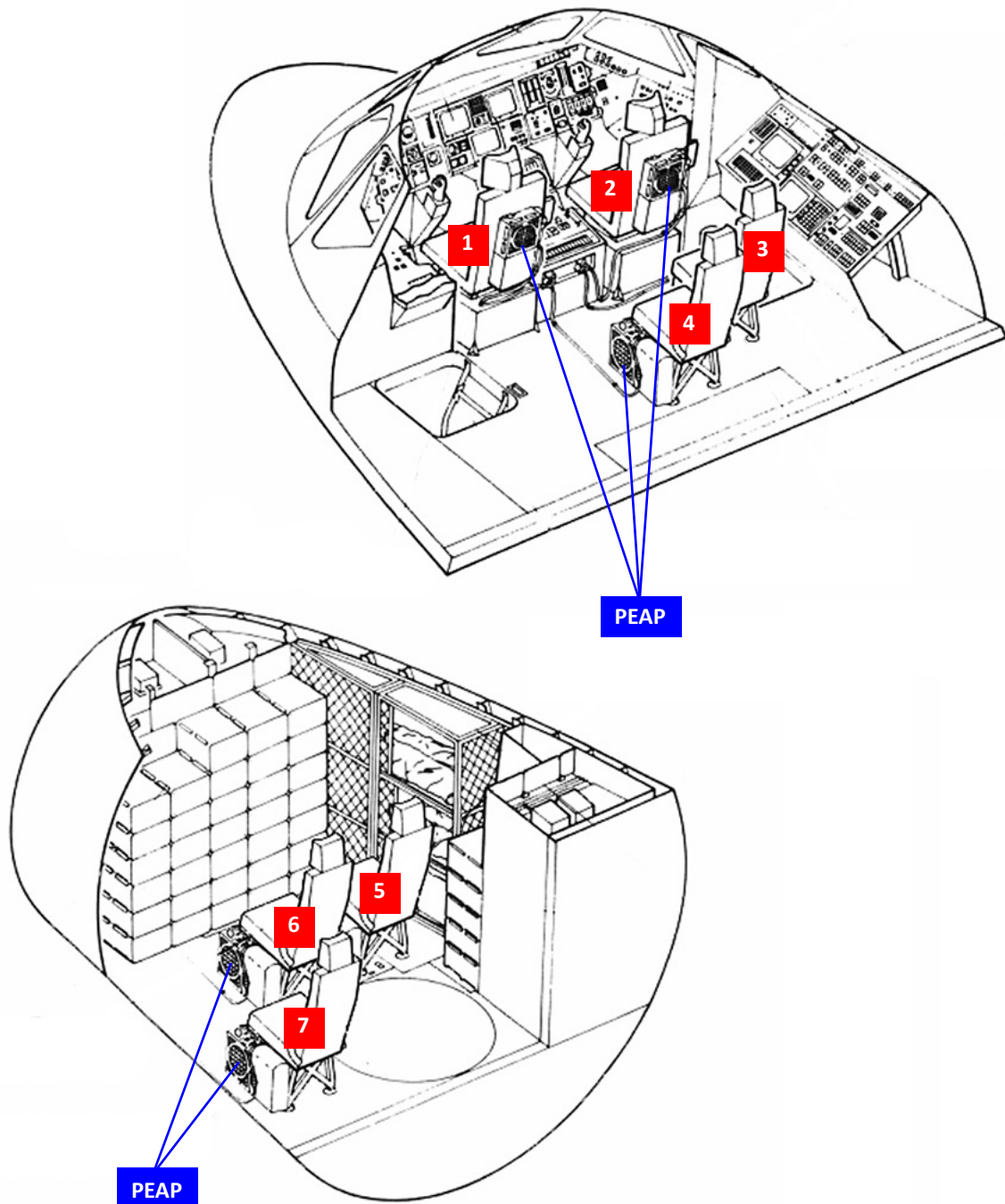
Conformément aux vœux des familles, les restes identifiables de chaque membre d'équipage ont été inhumés dans des sépultures individuelles. Les restes ne pouvant faire l'objet d'une identification précise ont été déposés dans une tombe commémorative commune au cimetière d'Arlington.

Le 29 avril 1986, le personnel de la NASA a escorté les sept cercueils depuis le Life Science Facility de Cap Canaveral vers la base aérienne de Dover, dans le Delaware, à bord d'un avion C-141. Les funérailles se sont ensuite tenues dans les localités respectives de l'équipage : les pilotes Scobee et Smith reposent à Arlington, Resnik à Akron (Ohio), McNair à Lake City (Caroline du Sud), Onizuka à Honolulu (Hawaï), Jarvis à Mohawk (New York) et McAuliffe à Concord (New Hampshire).



Le Memorial Challenger au cimetière d'Arlington - Photo <https://www.arlingtoncemetery.mil/>

Position des astronautes à bord de la navette



- 1: Francis R. Scobee
- 2: Michael J. Smith
- 3: Ellison S. Onizuka
- 4: Judith A. Resnik
- 5: Gregory B. Jarvis
- 6: S. Christa McAuliffe
- 7: Ronald E. McNair

L'analyse des débris de la cabine

Le 28 juillet 1986, le contre-amiral Richard H. Truly, administrateur associé de la NASA et ancien astronaute, a publié les conclusions de Joseph P. Kerwin, spécialiste biomédical du centre spatial Johnson. Ce rapport précise que si la cause exacte du décès ne peut être établie avec certitude, l'équipage a probablement survécu à la désintégration initiale. Les forces exercées lors de la rupture de l'orbiter, bien que suffisantes pour séparer le compartiment d'équipage du reste du véhicule, étaient trop faibles pour causer des blessures immédiatement mortelles. Toutefois, la perte des systèmes de bord a entraîné très vraisemblablement une dépressurisation de la cabine. À cette altitude, l'absence d'oxygène aurait provoqué une perte de connaissance rapide et irrémédiable bien avant l'impact avec l'océan.

La séparation de la cabine a privé l'équipage de son alimentation principale en oxygène, ne laissant qu'une réserve résiduelle de quelques secondes dans les conduits. Chaque astronaute disposait toutefois d'un PEAP (Personal Egress Air Pack), un appareil respiratoire individuel contenant six minutes d'air et nécessitant une activation manuelle. Ce dispositif n'était pas conçu pour le vol, mais pour permettre aux astronautes d'évacuer la navette alors qu'elle était encore sur le pas de tir. En mars 1986, quatre de ces unités ont été localisées parmi les débris de l'habitacle. Elles furent envoyées en juin suivant au dépôt de l'armée à Corpus Christi, au Texas, afin d'y subir une expertise approfondie.

Sur les quatre unités récupérées, celle du commandant Scobee était restée inactive. En revanche, les trois autres dispositifs ont été activés et partiellement utilisés : deux étaient consommés aux trois quarts et le dernier aux sept huitièmes. La conception de l'interrupteur d'activation rendait très peu probable une mise en marche accidentelle des PEAP lors de l'impact avec l'océan. L'un de ces trois appareils a été identifié comme appartenant au pilote Smith. Étant donné que l'interrupteur d'activation de son équipement se situait à l'arrière de son siège, seuls Resnik ou Onizuka, assis derrière lui, pouvaient l'avoir activé. Ce geste pourrait constituer une réponse instinctive à une chute de pression soudaine au sein de l'habitacle.

Les composants internes de l'habitacle récupérés étaient écrasés et déformés, mais ne portaient aucune trace de brûlure ou d'incendie. L'examen des débris, notamment les boîtiers avioniques des trois baies, les coffres de l'équipage, les tableaux de bord et les armatures des sièges avant, a révélé une déformation par cisaillement systématique vers la droite. Les dommages les plus sévères se situant sur la partie supérieure gauche, ces indices suggèrent que le module a percuté l'océan en position de piqué avec une forte inclinaison à gauche.

Le débris le plus imposant récupéré consistait en un segment de la cloison arrière mesurant 3,66 mètres sur 5,18 mètres, incluant le sas d'accès à la soute. Parmi les structures remontées du fond de l'eau figuraient les cadres des fenêtres, la trappe d'accès et des fragments du fuselage avant. Bien que le verre ait été retrouvé brisé, l'analyse des cadres indique que les hublots pourraient avoir résisté à la désintégration initiale, laissant ouverte la possibilité que l'équipage n'ait pas subi de dépressurisation immédiate en haute altitude.

Les recherches ont également permis de remonter les quatre ordinateurs de bord ainsi que les deux enregistreurs de vol, utilisés pour le stockage des données systèmes et les communications de l'interphone. Bien que le magnétophone ait été gravement endommagé par l'eau de mer, rendant la bande initialement illisible, des scientifiques d'IBM ont élaboré un procédé de restauration spécifique permettant à la NASA d'analyser la bande. On y entend l'exclamation du pilote Smith : « *Uh-oh !* » juste avant l'explosion de la navette. Ce témoignage sonore confirme qu'au moins une partie de l'équipage a eu conscience de l'accident un instant avant la désintégration.

L'examen des sièges et des harnais de sécurité, qui présentaient des signes de défaillance structurelle, atteste que tous les astronautes étaient assis et attachés lors de l'impact. Si ce maintien en place est cohérent avec l'hypothèse d'une perte de connaissance rapide, il ne peut toutefois pas constituer une preuve formelle.

ANNEXE 2 - LES DEBRIS

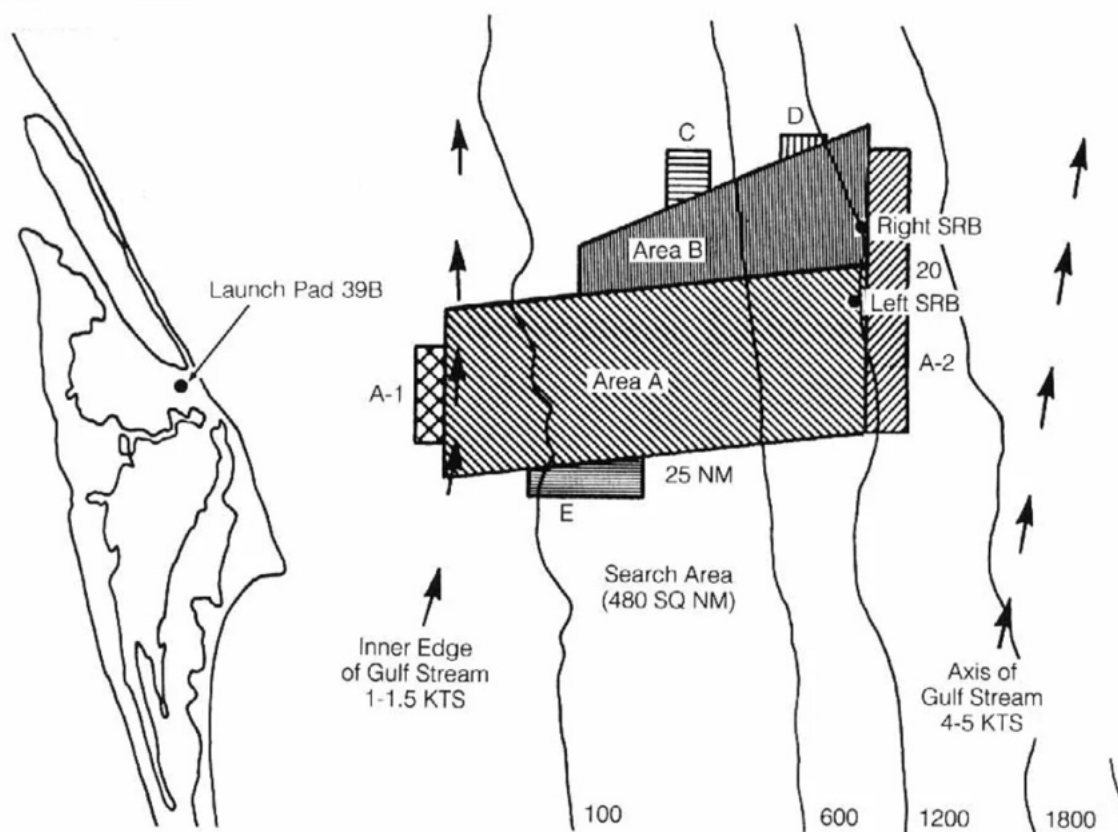
La collecte et le stockage des débris de Challenger

La recherche des débris de Challenger s'est officiellement arrêtée le 28 août 1986. L'opération a mobilisé près de 6 000 personnes et vingt-deux navires, dont le Freedom Star, le Liberty Star et l'Independence de la NASA, habituellement utilisés pour la récupération des boosters. Plusieurs navires de la marine ont été réquisitionnés, notamment l'USS Preserver qui a remonté la cabine de l'équipage. Le coût de l'opération est estimé à 100 millions de dollars (valeur économique de 1986).

Environ 9 300 km² ont été explorés jusqu'à une profondeur de 365 mètres, avec l'appui de sous-marins. À l'arrêt des recherches, 518 fragments avaient été récupérés. Des zones de stockage ont été installées à Cape Canaveral et placées sous l'autorité de la sécurité du KSC et des forces de l'U.S. Air Force, avec une surveillance continue.

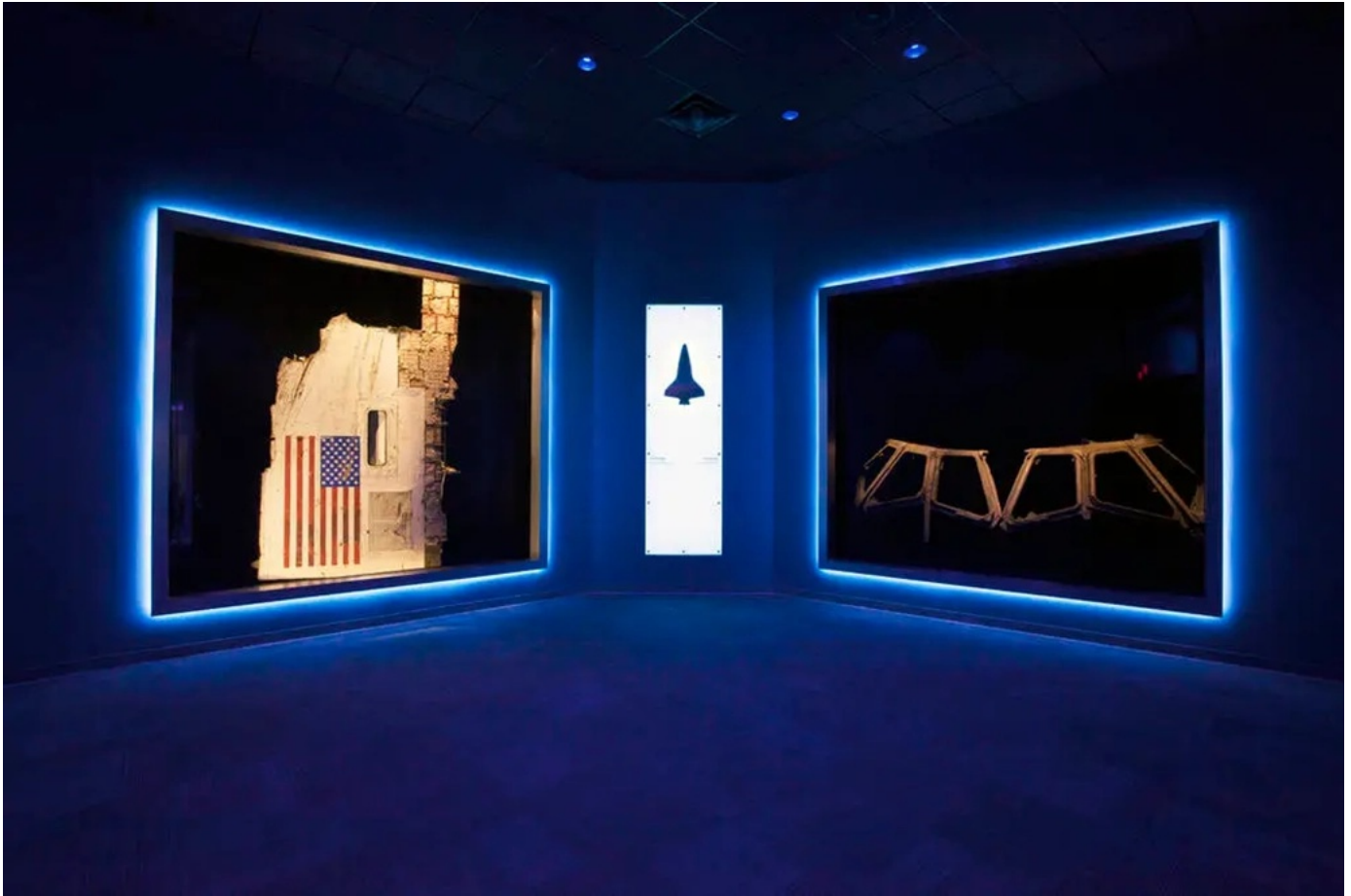
L'organisation comprenait trois zones principales pour les sous-systèmes de la navette. Une zone distincte, située dans le hangar « O » isolé, a été créée pour stocker les pièces des boosters contenant du propergol non brûlé. Chaque débris a reçu un numéro d'identification selon son ordre d'arrivée. Un registre chronologique répertoriait pour chaque pièce : sa description, sa date et son heure d'arrivée, ses références photographiques, les coordonnées géographiques de récupération et le nom du navire livreur. Suivant les protocoles habituels d'enquête aéronautique, l'orbiter a été reconstitué à partir des débris pour analyser les dommages subis.

Le 20 janvier 1987, les restes récupérés ont été transférés au complexe 31/32 de Cap Canaveral, en bout de piste d'atterrissage, pour être scellés dans deux silos de 24 mètres de profondeur et dans des salles souterraines adjacentes. C'est également à cet endroit où a été stocké le vaisseau d'Apollo 1 lorsqu'il a été démonté après l'incendie mortel de janvier 1967. Depuis 2003, le lieu abrite également les pièces récupérées suite à la désintégration de la navette Columbia en février 2003.



Map shows ocean areas searched for Shuttle wreckage in relation to Cape Canaveral and Launch Pad 39B. Wavy vertical lines indicate water depths.

Les zones de recherche des débris de Challenger dans l'océan Atlantique au large des côtes de Cape Canaveral.



Sur la page de gauche: Zones de recherche des débris de Challenger.

Le mémorial « Forever Remembered » où sont exposés une section du flanc gauche de Challenger (sur la gauche) et le pare-brise de Columbia (sur la droite) .

En janvier 1996, dix ans après l'accident, une pièce de grande dimension a été rejetée par la mer et retrouvée par des passants sur une plage de Floride. Plus récemment, en 2022, deux plongeurs préparant un documentaire pour History Channel sur le naufrage d'un navire ont découvert une section de plus de quatre mètres. Cette pièce, recouverte de tuiles thermiques endommagées, constitue la dernière découverte majeure de débris de l'orbiter à ce jour.

Depuis juin 2015, un morceau du fuselage de Challenger est exposé au mémorial permanent « Forever Remembered » situé au Kennedy Space Center Visitor Complex en Floride. Il présente également des effets personnels de chacun des membres de l'équipage, accompagné d'une petite biographie.

Les débris récupérés de Challenger

Environ 30 % de la structure totale de l'orbiter a été récupérée, incluant environ 75 % du compartiment de l'équipage et de la structure du fuselage avant. L'examen des fractures montre qu'elles résultent de forces de surcharge ; aucune preuve de fatigue, de corrosion sous contrainte ou de défaut de fabrication n'a été identifiée. L'orbiter ne présentait aucun signe d'incendie interne ou d'explosion avant sa désintégration. Sa destruction a été causée principalement par des charges d'accélération, des forces d'inertie élevées et des contraintes aérodynamiques.

La partie arrière droite de l'orbiter a été brûlée par les gaz chauds s'échappant de l'orifice situé sur la circonférence interne du booster droit. Les moteurs SSME ont fonctionné correctement jusqu'à ce que l'alimentation en hydrogène liquide soit interrompue par la défaillance du réservoir ou de ses connexions. De même, aucun dysfonctionnement n'a été relevé sur l'ensemble IUS/TDRS dans la soute avant que le booster droit ne percute l'aile droite. Le compartiment de l'équipage s'est séparé de l'orbiter au niveau de la soute, emportant la cloison pressurisée arrière. La cabine a chuté vers l'Atlantique pratiquement intacte, percutant la surface dans une position inclinée sur la gauche, nez vers le bas, avant de se désintégrer

sous la force de l'impact avec l'eau.

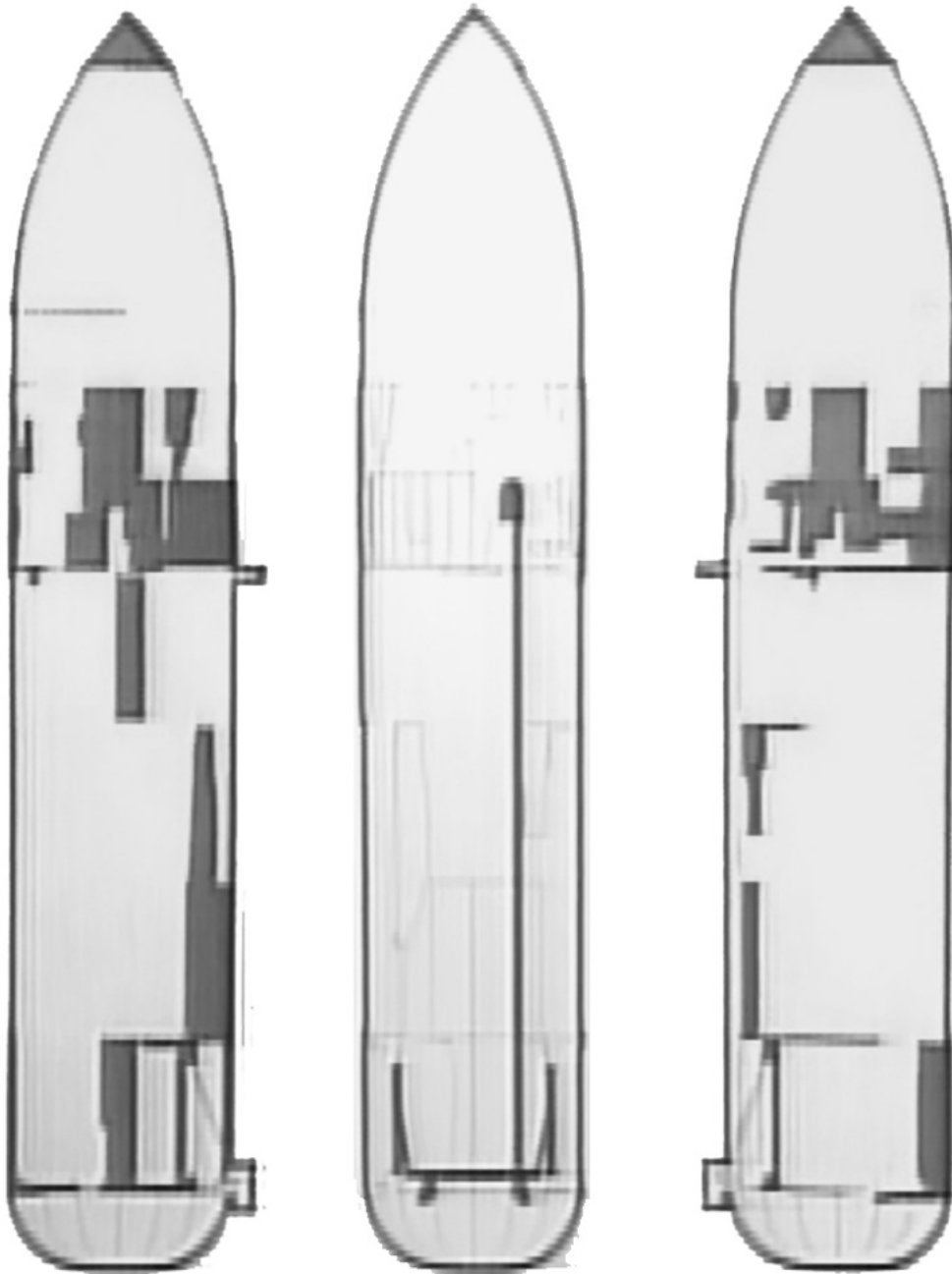
Concernant le réservoir externe, environ 20 % de la structure a été retrouvée, provenant essentiellement de l'inter-réservoir et du réservoir d'hydrogène liquide. Une imperfection de soudure mineure a été notée sur la partie inférieure du réservoir d'hydrogène liquide, mais celle-ci n'a pas contribué à sa défaillance. Le réservoir d'oxygène liquide a probablement été percé par la structure de l'inter-réservoir, entraînant l'échappement et la vaporisation de l'oxygène. Des fragments de ce réservoir ont pu brûler après cette rupture. Le réservoir d'hydrogène liquide a probablement cédé sous l'effet de forces externes et de dommages thermiques près du dôme arrière.

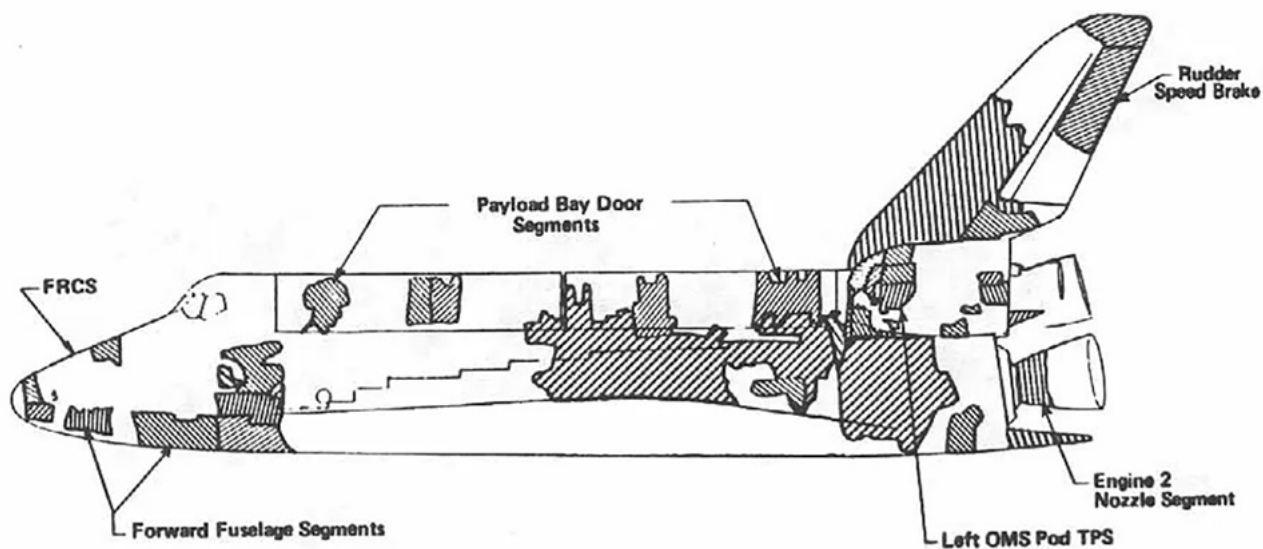
Enfin, après la séparation de ses attaches inférieures, le booster droit a frappé la partie inférieure de l'aile droite de l'orbiter et a pénétré la structure inter-réservoir de l'External Tank. L'examen des fragments des boosters n'a rien révélé d'anormal ; toutes les fractures résultent de surcharges ou de la détonation des charges de destruction.

Dans la soute de la navette, il y avait la plateforme astronomique Spartan 203 et le satellite de relai de données TDRS-B équipé d'un moteur IUS. Trente-cinq pourcents du satellite ont été retrouvés, ainsi que 90 % du moteur du satellite et 95 % de la plateforme.

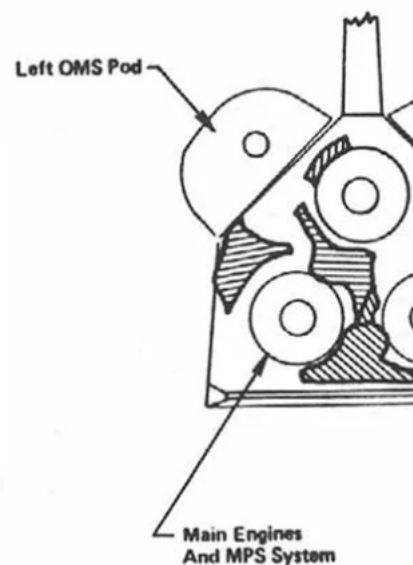


La zone d'entreposage temporaire de l'épave de la navette Challenger avec ici une vue sur les débris de l'aile droite.

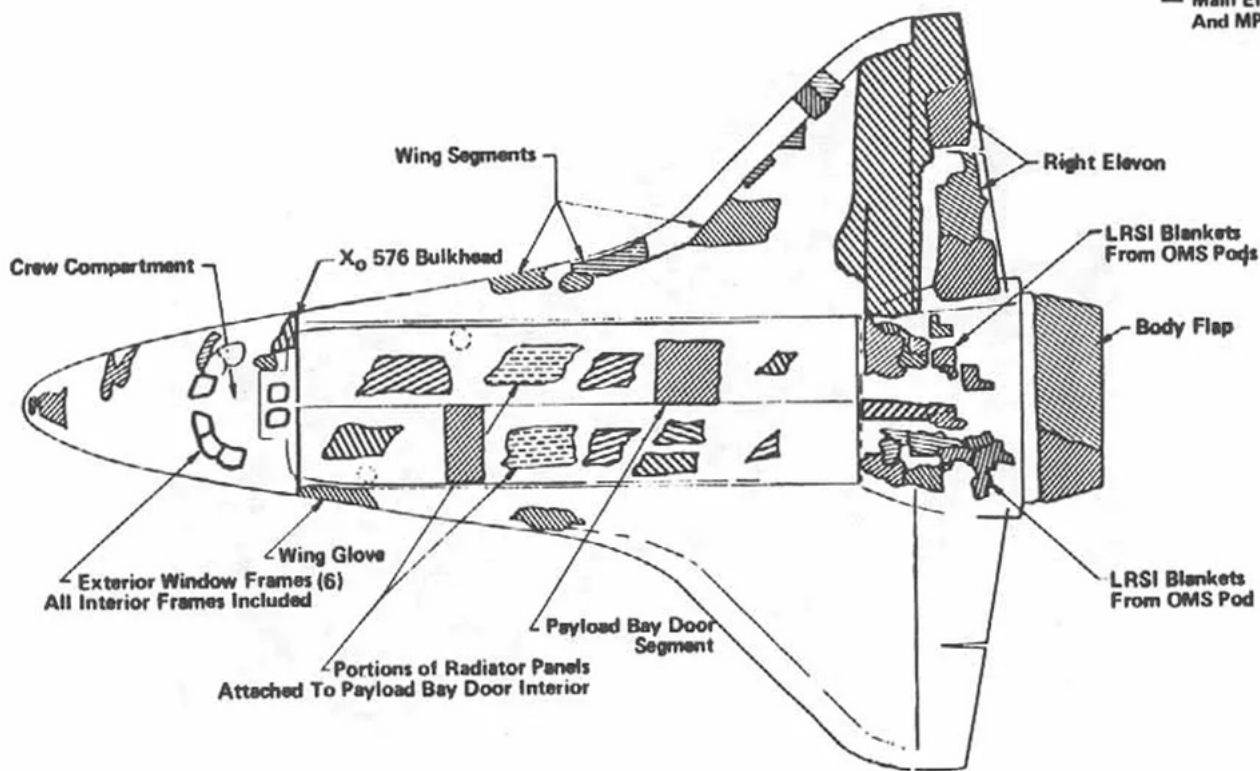




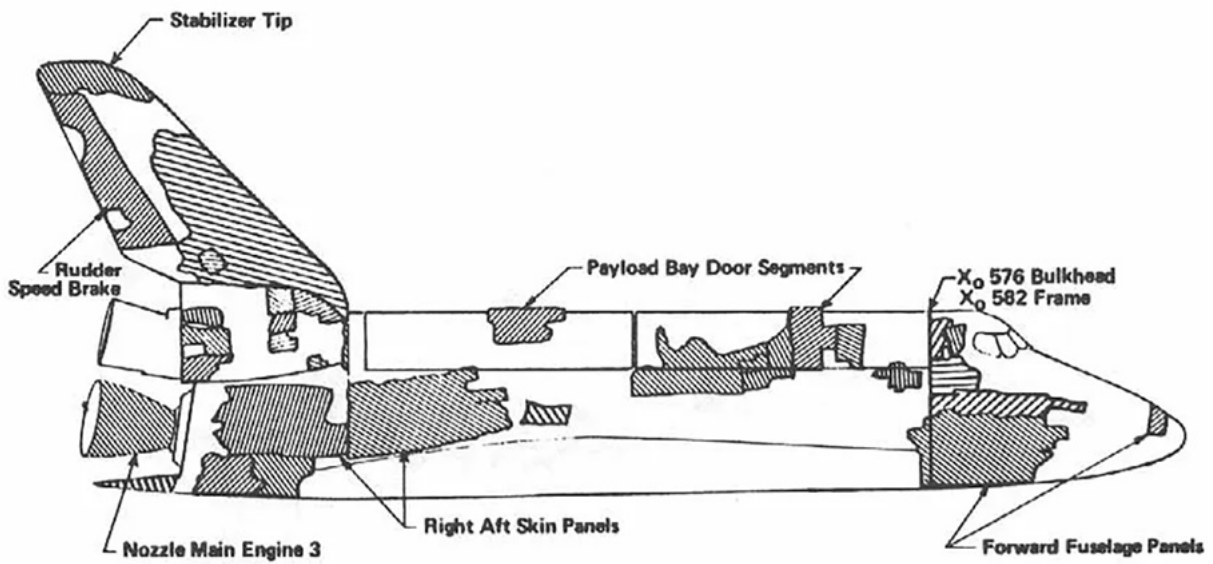
51-L
LEFT SIDE VIEW



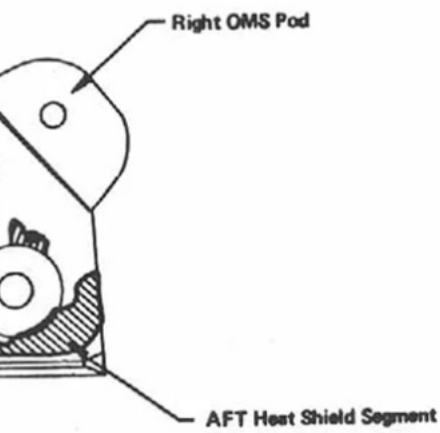
51-L REAR



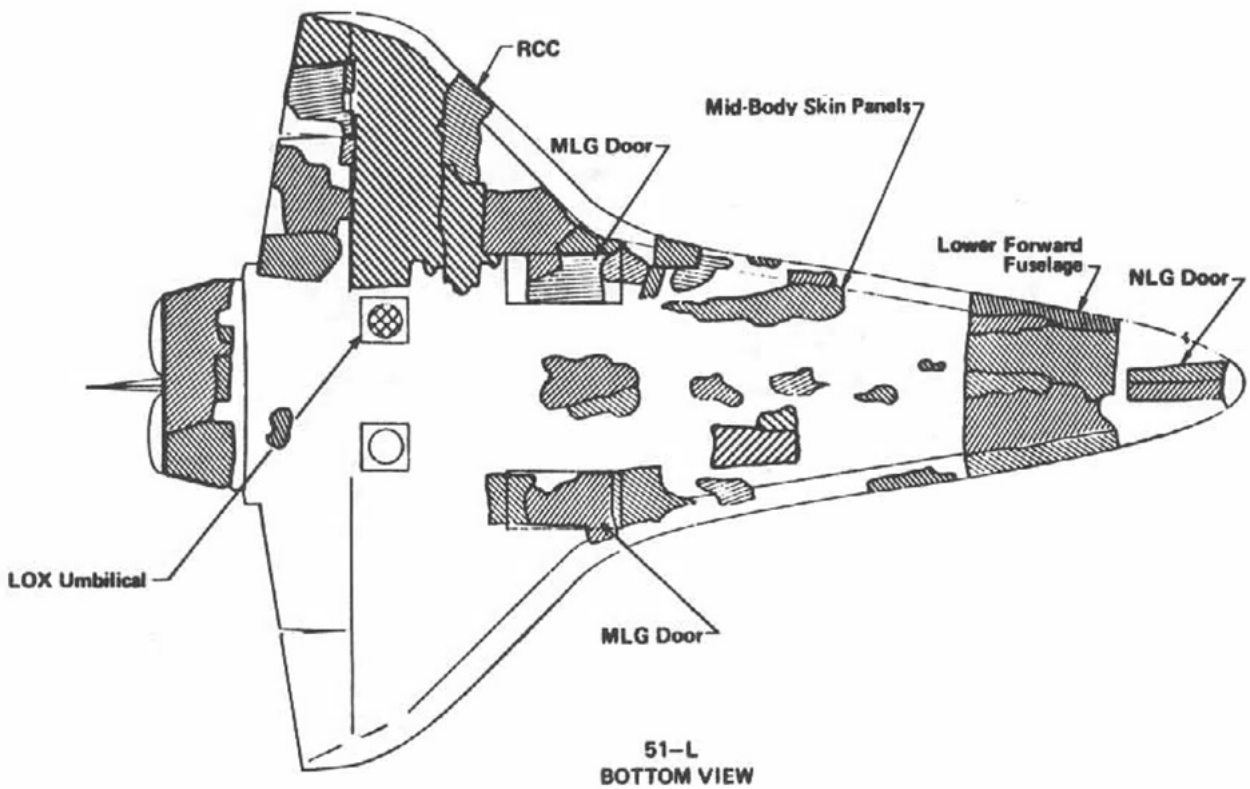
51-L
TOP VIEW



51-L
RIGHT SIDE VIEW



VIEW



ANNEXE 3 - LA TIMELINE

La timeline du lancement

FLIGHT – Directeur de vol (Greene): Chef des contrôleurs de vol, il supervise l'ensemble de la mission et des opérations de charges utiles. Il prend les décisions finales concernant la sécurité et la réussite du vol.

CAPCOM – communication avec l'équipage (Covey): L'interlocuteur radio de l'équipage de la navette. Il est généralement le seul à pouvoir parler avec l'équipage. Ce poste est tenu par un astronaute au sol.

FDO – Flight Dynamics Officer (Perry): Il est responsable des manœuvres et de la trajectoire en association avec le GNC. On prononce FIDO.

BOOSTER (Borrer): Il est responsable des moteurs principaux de la navette et des boosters ainsi que du réservoir externe.

RMU – Remote manipulator system, Mechanical and Upper stage système officer (Reiley): Il est responsable du bras Canadarm de la navette ainsi que des systèmes mécaniques de l'orbiter.

GNC – Guidance, Navigation and Control officer (Bantle): Il est responsable des systèmes de contrôle, de navigation et de guidage. C'est à lui qu'incombe la tâche d'informer le Flight et l'équipage des possibilités d'annulation de mission.

GC – Ground Control officer (Talbot): Il dirige les opérations et la maintenance informatique du contrôle de mission ainsi que des installations de soutien. Il coordonne les réseaux de communications sol (GSTDN) et du réseau de communications par satellites TDRS avec le Goddard Space Flight Center.

GPO – Guidance and Procedures Officer (?): Il contrôle les logiciels informatiques (Procedures) embarqués à bord de la navette.

PROP – Propulsion Engineer (Ceccacci): Ingénieur de la propulsion. Il surveille et évalue les carburants du système de contrôle d'attitude et du système de manœuvres orbitales de la navette pendant les manœuvres.

EECOM – Emergency, Environmental and Consumables Operation Manager (Rector): C'est le responsable des consommables de l'environnement et de l'électricité. Il surveille le contrôle thermique actif et passif du véhicule, l'atmosphère de la cabine, le refroidissement de l'électronique, les systèmes d'eau et de sanitaires ainsi que de la détection et la lutte contre les incendies.

DPS – Data Processing System Engineer (Algate): Ingénieur du système de traitement des données. Il détermine le statut des systèmes de traitement des données, c'est-à-dire les ordinateurs de bord, les câbles informatiques, le système d'affichage des panneaux, les mémoires de masse et logiciels d'exploitation.

PAO – Public Affairs Officer (Harris et Nesbitt): Pour chaque mission, il y a 2 équipes de PAO qui assurent les commentaires en direct sur place. L'équipe Kennedy Space Center commente toutes les étapes jusqu'au décollage. Lorsque la navette a quitté sa rampe de lancement, le contrôle passe au Johnson Space Center jusqu'à la fin de la mission.

CDR: Francis R. Scobee, PLT: Michael J. Smith, MS1: Ellison Onizuka, MS2: Judith A. Resnik

Cette chronologie s'appuie sur la transcription de l'enregistreur opérationnel de Challenger, activé automatiquement deux minutes avant le décollage. Elle consigne les échanges des quatre astronautes du pont supérieur, tandis que les trois passagers du pont intermédiaire, bien qu'auditeurs de ces communications, n'ont pas laissé de trace vocale sur la bande magnétique récupérée dans l'épave. L'enregistreur Operational Voice Recorder est activé automatiquement à T-2:05 et fonctionne normalement pendant toute la durée de la mission.

-00:02:05.000

MS2: "Would you give that back to me?" | "Tu peux me rendre ça ?"

-00:02:03.000

MS2: "Security blanket" | "Languette de sécurité"

-00:02:02.000

MS2: "Hmm"

-00:01:58.000

CDR: "Two minutes downstairs; you gotta watch running down there?" | "A deux minutes du décollage; tu peux voir ce qui se passe en bas?"

-00:01:47.000

PLT: "OK there goes the lox arm" | "OK le bras à oxygène liquide s'en va"

-00:01:46.000

Le capuchon de dégazage du réservoir d'oxygène liquide s'éloigne du réservoir externe de la navette.

CDR: "Goes the beanie cap" | "Le capuchon s'en va"

-00:01:44.000

MS1: "Doesn't it go the other way?" | "Ne devait-il pas aller de l'autre côté?"

-00:01:42.000

Rires

-00:01:39.000

MS1: "Now I see it; I see it" | "Maintenant je le vois, je le vois"

PLT: "God I hope not Ellison" | "Mon dieu, j'espère que non Ellison"

-00:01:38.000

MS1: "I couldn't see it moving; it was behind the center screen" | "Je ne pouvais pas le voir se déplacer, il était derrière l'écran central"

-00:01:33.000

MS2: "Got your harnesses locked?" | "Vous avez fermé vos harnais?"

-00:01:29.000

PLT: "What for?" | "Pourquoi faire?"

-00:01:28.000

CDR: "I won't lock mine; I might have to reach something" | "Je ne fermerai pas la mienne, je peux avoir à atteindre quelque chose"

-00:01:24.000

PLT: "Ooh kaaaay"

-00:01:04.000

MS1: "Dick's thinking of somebody there" | "Dick pense à quelqu'un là-bas"

-00:01:03.000

CDR: "Unhuh"

-00:00:59.000

CDR: "One minute downstairs" | "A une minute du décollage"

-00:00:52.000

MS2: "Cabin Pressure is probably going to give us an alarm" | "La pression de la cabine va probablement nous donner une alarme)"

-00:00:50.000

CDR: "OK"

-00:00:47.000

CDR: "OK there" | "OK pour moi"

-00:01:43.000

PLT : "Alarm looks good" | "L'alarme semble bonne"

-00:00:42.000

CDR: "OK"

-00:00:40.000

PLT: "Ullage pressures are up" | "La pression du réservoir externe augmente)"

-00:00:34.000

PLT: "Right engine helium tank is just a little bit low" | "Le réservoir d'hélium du moteur droit est un poil trop bas)"

-00:00:32.000

CDR: "It was yesterday, too" | "Il l'était hier aussi"

-00:00:31.000

Le séquenceur de lancement au sol (GLS) transfère le contrôle aux quatre ordinateurs de bord de la navette pour la séquence automatisée finale.

PLT: "OK"

-00:00:30.000

CDR: "Thirty seconds down there" | "Encore 30 secondes ici"

PAO KSC: "And we've had a go for auto sequence start. The SRB hydraulic power units have started" | "Et nous avons un "go" pour le début de la séquence automatique. Les unités de puissance hydraulique des propulseurs d'appoint sont allumées"

-00:00:25.000

PLT: "Remember the red button when you make a roll call" | "Pense au bouton rouge quand tu fait un appel)"

-00:00:23.000

CDR: "I won't do that; thanks a lot" | "Je ne ferai pas ça, merci beaucoup"

-00:00:21.000

Les tuyères des propulseurs d'appoint se déplacent selon un schéma programmé pour s'assurer de leur bon fonctionnement.

-00:00:21.000

PAO KSC: "T-minus 21 seconds and the solid rocket booster engine gimbal now underway" | "T moins 21 secondes et les propulseurs d'appoint testent leurs tuyères"

-00:00:15.000

CDR: "Fifteen" | "Quinze"

PAO KSC: "T-minus 15 seconds" | "T moins 15 secondes"

-00:00:13.000

Pour protéger la structure et l'orbiter, le système d'atténuation sonore s'active : des torrents d'eau inondent la rampe de lancement pour absorber l'énergie acoustique au moment de la mise à feu.

-00:00:11.000

Les charges explosives de l'autodestruction des propulseurs d'appoint sont armées.

-00:00:10.000

Les systèmes informatiques au sol autorisent le démarrage des moteurs. Un déluge d'étincelles est alors projeté sous les trois tuyères de l'orbiter afin de consommer toute accumulation d'hydrogène gazeux résiduel avant l'allumage.

?: "GLS go for main engine start" | "Le séquenceur de lancement est "go" pour l'allumage des moteurs"

PAO KSC: "10"

00:00:09.500

Début de la séquence d'allumage des trois moteurs de l'orbiter. Des valves s'ouvrent pour faire couler l'hydrogène liquide et l'oxygène liquide dans les turbopompes des trois moteurs.

PAO KSC: "9"

-00:00:08.000

L'orbiter se branche sur climatisation interne.

PAO KSC: "8, 7"

-00:00:06.600

Le moteur n°3 s'allume.

-00:00:06.480

Le moteur n°2 s'allume.

-00:00:06:300

Le moteur n°1 s'allume.

-00:00:06.000

Les ordinateurs de vol de Challenger commencent à vérifier que les moteurs fonctionnent normalement.

CDR: "There they go guys" | "Eh bien ils partent, les gars"

MS2: "All right" | "Très bien"

PAO KSC: "6, 5, 4"

-00:00:03.000

Les moteurs atteignent 100% de leur puissance théorique. Challenger se penche vers l'avant et revient à la verticale. L'ingénieur Reiley (RMU) indique au directeur du vol, Jay Greene que la soute est convenablement pressurisée.

CDR: "Three at a hundred" | "Trois à cent"

PAO KSC: "3, 2,1"

00:00:00.000

La commande d'allumage est envoyée aux propulseurs d'appoint.

-00:00:00.008

Les boulons explosifs retenant les propulseurs d'appoint au pas de tir commencent à exploser.

?: "GLS go for main engine start" | "Le séquenceur de lancement est "go" pour l'allumage des moteurs"

PAO KSC: "10"

00:00:00.250

Premier enregistrement d'un mouvement vertical continu.

MS2: "Aaall riiight"

PAO KSC: "and liftoff" | "et décollage"

00:00:00.678

Première apparition d'une légère fumée noire sur les films, au dessus d'un joint du propulseur d'appoint de droite.

00:00:00.836

La fumée noire s'intensifie, s'échappant par saccades au rythme de trois bouffées par seconde. Cette fréquence correspond aux modes vibratoires propres de la navette soumis aux contraintes de la poussée au décollage.

00:00:00.890

Les ordinateurs au sol commencent les procédures de protection des équipements et de la structure du pas de tir.

00:00:01.000

PLT: "Here we go" | "On est partis!"

-00:00:02.733

Dernière apparition de la fumée au dessus de l'attache arrière du propulseur d'appoint sur le réservoir externe.

00:00:03.375

Dernière apparition de la fumée en dessous du réservoir externe.

00:00:04.000

Les ordinateurs de bord de Challenger déverrouillent les mécanismes d'orientation des tuyères des propulseurs d'appoint.

PAO KSC: "... Liftoff of the 25th space shuttle mission, and it has cleared the tower" | "... Décollage de la 25ème mission d'une navette spatiale et elle a passé la tour"

00:00:04.339

Comme prévu, la poussée des trois moteurs de l'orbiter passe de 90% à 104%.

00:00:05.000

Les antennes de Merritt Island enregistrent quatre pertes successives des données de l'orbiter. Durant la minute suivante, quatre autres coupures surviennent. Ces pertes de signal sont normales : elles sont causées par le panache de la navette et les objets sur l'horizon qui atténue les signaux radio.

DPS: "Liftoff confirmed" | "Décollage confirmé"

FLIGHT: "Liftoff..." | "Décollage..."

00:00:05.615

Afin d'éviter toute rupture de liaison radio pendant la rotation de l'orbiter, l'ordinateur de vol de réserve ordonne aux systèmes en bandes S, PM et FM de commuter sur les antennes les mieux orientées.

00:00:05.674

La pression interne du booster droit dépasse la valeur normale de 0,83 kg/cm², signe que le propergol se consume par le côté au niveau du joint défailant.

00:00:07.724

La navette commence sa rotation, l'équipage se retrouvant la tête en bas.

00:00:08.000

CDR: "Houston, Challenger roll program" | "Houston, programme de rotation de Challenger"

00:00:10.000

CAPCOM: "Roger roll, Challenger" | "Bien reçu, Challenger"

FDO: "Good roll, FLIGHT" | "Bonne rotation, FLIGHT"

FLIGHT: "Rog, good roll" | "Compris, bonne rotation"

00:00:11.000

PLT: "Go you Mother" | "Vas-y ma vieille"

00:00:12.000

Un autre changement d'antenne est ordonné pour transférer les données à la station de poursuite de Ponce de Leon.

00:00:14.000

Judith Resnik, qui assiste les pilotes depuis l'arrière, confirme que les indicateurs d'attitude sont correctement réglés sur le mode LVLH (Local Vertical, Local Horizontal). C'est une vérification de sécurité : elle s'assure que Scobee et Smith voient la position de la navette par rapport à la trajectoire de montée terrestre et non selon un repère fixe dans l'espace.

MS2: "LVLH"

00:00:15.000

MS2: "Shit hot"

00:00:16.000

CDR: "Ooohh-kaaay"

PAO JSC: "Good roll program confirmed. Challenger now heading downrange" | "La rotation a été confirmée comme étant bonne. Challenger se dirige sur sa trajectoire"

00:00:19.000

PLT: "Looks like we've got a lotta wind here today" | "On dirait qu'on a pas mal de vent aujourd'hui"

00:00:19.859

Comme prévu, les trois moteurs de Challenger reçoivent l'ordre de commencer à baisser la poussée à 94 %.

00:00:20.000

CDR: "Yeah" | "Ouais"

00:00:21.124

La manœuvre de rotation est terminée et Challenger est sur la bonne trajectoire, la tête en bas.

00:00:21.604

La poussée du booster de droite baisse avant que la navette atteigne la pression aérodynamique maximum, comme prévu par la configuration du combustible.

00:00:22.000

CDR: "It's a little hard to see out my window here" | "C'est un peu difficile de voir par ma fenêtre ici"

00:00:22.204

La poussée du propulseur d'appoint de gauche baisse également comme prévu.

00:00:27.000

Comme prévu, les trois moteurs de Challenger commencent à baisser leur poussée à 94%, alors que la navette approche de la région de pression aérodynamique maximum.

BOOSTER: "Throttle down to 94" | "Poussée à 94"

FLIGHT: "Ninety four..." | "Quatre-vingt quatorze..."

00:00:28.000

La navette est à 3 000 mètres d'altitude et va à la moitié de la vitesse du son.

PLT: "There's ten thousand feet and Mach point five" | "Il y a 10 000 pieds et Mach 0.5"

PAO JSC: "Engines beginning throttling down, now at 94 percent. Normal throttle for most of the flight is 104 percent. We'll throttle down to 65 percent shortly" | "Les moteurs commencent à baisser leur poussée, maintenant à 94 %. La poussée normale pour la plupart du vol est de 104%. Nous allons baisser à 65% dans peu de temps"

00:00:30.000

Murmure

00:00:35.000

CDR: "Point nine" | "Point neuf"

00:00:35.379

Comme prévu, la poussée des trois moteurs de Challenger commence à baisser à 65%.

00:00:36.990

Les données télémétriques confirment que les ordinateurs de bord compensent efficacement les cisaillements de vent en altitude, ajustant la trajectoire pour maintenir la navette sur son plan de vol nominal.

00:00:40.000

La navette passe la vitesse du son.

PLT: "There's Mach one" | "Et voilà Mach un"

00:00:41.000

La navette est à 5 800 mètres.

CDR: "Going through nineteen thousand" | "On dépasse 19 000 pieds"

00:00:43.000

CDR: "OK we're throttling down" | "OK, on baisse la poussée"

00:00:45.000

PAO JSC: "Engines are at 65 percent. Three engines running normally..." | "Les moteurs sont à 65%. Les trois moteurs fonctionnent normalement"

00:00:45.217

Un flash apparaît sur les films sous l'aile droite de la navette.

00:00:48.118

Un second flash apparaît à l'arrière de l'aile droite.

00:00:48.4180

Un troisième flash lumineux est observé sous l'aile droite de l'orbiter. Sur les images, une boule de feu semble émerger de cette zone avant de se fondre dans le panache du booster. Ce phénomène, bien qu'impressionnant, a déjà été observé lors de missions précédentes et reste considéré comme une interaction aérodynamique complexe des gaz d'échappement.

00:00:48.900

?: "Three at 65" | "Trois à 65"

FLIGHT: "Sixty-five, FIDO" | "65, FIDO"

FIDO: "T-del confirms throttles" | "Le programme informatique confirme la poussée"

FLIGHT: "Thank you" | "Merci"

PAO JSC: "Three good fuel cells. Three good APUs" | "Les 3 piles à combustible sont bonnes, les trois APUs sont bonnes"

00:00:51.860

Les moteurs de Challenger reçoivent l'ordre des ordinateurs de bord de commencer à revenir à une poussée de 104%, comme prévu.

00:00:52.000

PAO JSC: "Velocity 2,257 feet per second, altitude 4.3 nautical miles, downrange distance 3 nautical miles" | "Vitesse 2476 km/h, altitude 7960 m, distance au sol 5,5 km"

00:00:57.000

CDR: "Throttling up" | "Augmentation de la poussée"

00:00:58.000

PLT: "Throttle up" | "Augmentation de la poussée"

00:00:58.588

Une fuite de gaz incandescents devient visible sur les caméras de poursuite au niveau du booster droit. À bord, Scobee et Smith n'ont aucun moyen de détecter cette fuite : l'instrumentation du cockpit ne fournit aucune donnée sur l'état des boosters, hormis une alerte spécifique en cas de défaillance du système d'orientation des tuyères.

00:00:59.000

Challenger passe à travers la zone de pression aérodynamique maximale, appelée également MaxQ.

CDR: "Roger" | "Compris"

00:00:59.262

Un panache intense et continu apparaît sur le côté du booster droit. Le joint est en train de brûler.

00:00:59.753

Première apparition sur les films de la flamme sur le côté du propulseur d'appoint de droite.

00:01:00.000

PLT: "Feel that mother go" | "Sentez la y aller"

?: "Woooohoooo"

00:01:00.004

Les données télémétriques montrent que la pression interne du booster droit commence à baisser, ce qui confirme que le trou dans le joint s'agrandit de plus en plus.

00:01:00.238

Première indication sur les films que la flamme qui s'échappe du joint lèche le réservoir externe.

00:01:00.248

Les films montrent que le panache anormal suit l'attache arrière qui fixe le booster à la base du réservoir externe.

00:01:00.988

Le panache s'intensifie et devient continu.

00:01:01.724

La navette effectue une légère rotation en réponse aux vents d'altitude.

00:01:02.000

La navette est à 10 700 mètres et va à une fois et demi la vitesse du son.

PLT: "Thirty-five thousand going through one point five" | "35 000 à 1 point 5"

00:01:02.084

Le mécanisme d'orientation du booster gauche se déplace soudainement sur ordre de l'ordinateur de bord pour compenser les vents d'altitude.

00:01:02.484

Les ordinateurs de Challenger ordonnent à un aileron de droite de Challenger de braquer, en réponse aux vents d'altitude.

00:01:03.924

L'aileron de droite braque pour compenser les vents en altitude.

00:01:03.964

Comme prévu, l'ordinateur de bord commande un changement de l'angle de tangage pour ajuster l'angle d'attaque de la navette sur sa trajectoire.

00:01:04.660

Le panache anormal change de forme soudainement, indiquant le début d'une fuite de la cuve d'hydrogène liquide du réservoir externe, qui alimente la flamme.

00:01:04.705

Une lueur brillante apparaît sur le côté du réservoir externe.

00:01:04.937

La fuite entraîne une chute de poussée du propulseur d'appoint droit, générant un déséquilibre entre les deux boosters. Les ordinateurs de bord tentent de corriger cet écart. Pour maintenir la trajectoire, les tuyères des moteurs principaux décrivent de grands arcs de cercle. La correction de l'angle de tangage est alors interrompue. L'équipage ne perçoit vraisemblablement pas ces corrections automatiques ; les astronautes ressentent toujours les vibrations habituelles ainsi qu'une accélération croissante.

00:01:05.000

Inspection de routine de l'indicateur de la vitesse du vent.

CDR: "Reading four eighty six on mine" | "Je lis 486 sur le mien"

00:01:05.164

Premiers enregistrements d'un mouvement latéral de la navette.

00:01:05.524

Un aileron de l'aile gauche se déplace soudainement.

00:01:06.000

?: "Throttle up, three at 104" | "Augmentation de la poussée, trois à 104"

FLIGHT: "Capcom, go at throttle up" | "Capcom, la poussée augmente"

00:01:06.174

Un point brillant apparaît soudainement dans le panache du moteur du propulseur d'appoint de droite et des points brillants sont repérés sur le côté du propulseur sous le ventre de l'orbiter.

00:01:06.764

La pression d'hydrogène liquide du réservoir externe commence à chuter, signalant une fuite importante. Bien que Smith dispose de relevés de pression en temps réel, le délai est trop court pour qu'il puisse les analyser. À ce stade, même si l'équipage avait identifié l'origine du problème, aucune procédure de secours n'aurait permis d'intervenir.

00:01:07.000

PLT: "Yep, that's what I've got, too" | "Ouais, c'est ce que j'ai aussi"

00:01:07.650

Les panaches anormaux situés au-dessus et en-dessous du booster fusionnent, ce qui indique que la flamme s'est désormais propagée sur toute la circonférence du joint. À ce moment précis, la fuite n'est plus un jet localisé. L'effet aérodynamique du flux d'air à haute vitesse (la navette dépasse alors Mach 1,5) plaque les gaz brûlants contre la paroi cylindrique du booster, créant cet effet d'enroulement qui finit par sceller le sort du réservoir externe.

00:01:07.684

La télémétrie indique une baisse de pression dans les conduits d'oxygène liquide qui alimentent les trois moteurs de l'orbiter. La chaleur du panache et la fuite d'hydrogène entraînent une déformation structurelle du réservoir externe, ce qui comprime les lignes d'alimentation et réduit le débit d'oxygène vers les moteurs.

00:01:08.000

PAO JSC: "Engines are throttling up. Three engines now at 104 percent" | "Les moteurs augmentent leur poussée. Les trois moteurs sont maintenant à 104%"

CAPCOM: "Challenger, go at throttle up" | "Challenger, la poussée augmente"

00:01:10.000

CDR: "Roger, go at throttle up" | "Compris, la poussée augmente"

00:01:12.204

La télémétrie indique une divergence dans l'orientation des tuyères des deux boosters.

00:01:12.284

Les deux propulseurs à propergol solide changent de position l'un par rapport à l'autre, signe que l'attache arrière inférieure du booster droit s'est rompue. Sur les images des caméras de poursuite, une imposante boule de feu orange surgit alors sur la partie supérieure du réservoir externe, à proximité immédiate de la cabine de Challenger, et s'étend de manière fulgurante.

00:01:12.478

Les tuyères des propulseurs d'appoint effectuent des mouvements extrêmes.

00:01:12.497

Les trois moteurs de l'orbiter amorcent un mouvement violent à une vitesse de 5 degrés par seconde. Ce régime, qui correspond au maximum des vérins, indique que l'ordinateur de bord braque les tuyères en butée pour tenter de contrer le pivotement du booster droit et redresser la navette.

00:01:12.525

La télémétrie indique une accélération latérale soudaine de 0,227 G vers la droite. L'équipage a probablement ressenti cette secousse qui, bien que faible comparée à la poussée verticale, est anormale lors d'une ascension nominale. Ce mouvement projette brusquement le corps des astronautes vers la gauche, signe que la navette dévie de son axe aérodynamique.

00:01:12.564

Une baisse de pression d'hydrogène liquide est enregistrée au niveau des turbopompes des moteurs principaux, tandis que la télémétrie continue d'afficher des vitesses de mouvement élevées au niveau des tuyères.

00:01:12.624

L'orbiter émet son dernier point de positionnement télémétrique avant la perte totale du signal.

00:01:12.964

Les turbopompes de l'orbiter enregistrent une chute brutale de la pression d'alimentation en oxygène liquide, ce qui indique que la ligne d'alimentation est rompue.

00:01:13.000

Smith réagit par une interjection de doute. Ce sont les tous derniers mots enregistrés au sein de la cabine de Challenger.
PLT: "Uh-oh"

00:01:13.010

Les dernières données sont captées par le satellite TDRS-A, indiquant que la rupture structurelle a commencé dans cette zone de la navette.

00:01:13.044

Début d'une forte baisse de la pression d'hydrogène liquide vers les moteurs principaux.

00:01:13.045

Les capteurs enregistrent une nouvelle accélération latérale de 0,254 G mais cette fois vers la gauche. Ce mouvement brusque est vraisemblablement perçu par les astronautes.

00:01:13.124

La pression interne du booster droit chute de 1,336 kg/cm² par rapport à celle du gauche, générant un déséquilibre de poussée de 444,82 kN. Simultanément, une zone de condensation circulaire blanche apparaît à la base du réservoir externe : c'est le signe de la rupture structurelle du dôme inférieur. Sous la pression interne, ce dôme est arraché, libérant brutalement l'hydrogène liquide. La poussée produite par cette fuite massive propulse alors le réservoir d'hydrogène vers le haut, qui s'encastre dans le réservoir d'oxygène situé juste au-dessus.

00:01:13.137

Alors que les deux cuves s'encastrent l'une dans l'autre, une émanation de vapeur devient visible au point de rupture de la structure intermédiaire du réservoir externe.

00:01:13.143

Face à l'interruption de leur alimentation en carburant et en comburant, les trois moteurs de l'orbiter amorcent leur séquence d'arrêt d'urgence.

00:01:13.191

Un flash lumineux apparaît entre la navette et le réservoir, signe de l'embrassement final. Les boules de feu convergent pour former une masse incandescente unique qui enveloppe Challenger. Tandis que la télémétrie s'interrompt, les récepteurs de la NASA se mettent en mode de recherche automatique pour retrouver la trace radio du vaisseau.

00:01:13.211

Durant le dixième de seconde suivant, la télémétrie des moteurs de Challenger ne transmet plus qu'un bruit de fond erratique, signe de la rupture des liaisons de données.

00:01:13.213

Une explosion survient dans la partie supérieure du réservoir externe.

00:01:13.282

La combustion des ergols se généralise, entraînant la destruction totale du réservoir externe. Une boule de feu intense se forme sous la section avant de Challenger, là où l'oxygène liquide s'échappe désormais en continu.

00:01:13.327

Le flash de la zone séparant les deux réservoirs du réservoir externe s'intensifie grandement.

00:01:13.377

Les pressions du système de contrôle par réaction (RCS), situé à l'avant de l'orbiter, commencent à fluctuer.

00:01:13.383

La télémétrie indique que les turbopompes des moteurs de l'orbiter approchent des limites de fonctionnement.

00:01:13.482

Le canal A de l'ordinateur du moteur n°2 commande un arrêt d'urgence en raison d'une surchauffe critique de la turbopompe. Simultanément, le canal B confirme cette alerte en générant deux requêtes d'arrêt consécutives. Chaque moteur de la navette possède un ordinateur de contrôle (le Controller) doté de deux canaux (A et B) qui travaillent en parallèle. Pour qu'une décision aussi grave qu'un arrêt moteur soit prise, les deux canaux doivent généralement être d'accord.

00:01:13.503

Le moteur n°3 amorce sa séquence d'arrêt d'urgence suite à une surchauffe critique de sa turbopompe. Ce sont les ultimes données télémétriques transmises par ce moteur.

00:01:13.523

Le moteur n°1 commence à s'arrêter suite à une surchauffe critique de sa turbopompe.

00:01:13.543

Dernières données reçues du moteur n°1.

00:01:13.618

Tandis que la navette se disloque, elle transmet ses ultimes données télémétriques cohérentes : des variations de pression dans l'un des réservoirs du système de manœuvre orbitale (OMS) et une chute de pression dans le générateur à gaz de l'unité de puissance auxiliaire (APU) n°1.

00:01:13.631

Dernières données reçues de la navette.

00:01:14.130

Dernier signal radio provenant de Challenger, faute d'alimentation électrique.

00:01:14.587

Un flash lumineux surgit à l'avant de l'appareil. La cabine de Challenger est instantanément submergée par une boule de feu orange, provoquée par l'embrassement des carburants du système de contrôle situé à l'avant du nez. À Mach 1,92, la navette est littéralement broyée par la pression de l'air.

La structure se fragmente alors en plusieurs morceaux de grande taille : tandis que le fuselage s'ouvre comme un tube sous la pression interne, les ailes s'arrachent et la section avant se détache, traînant derrière elle des câbles électriques arrachés. Au même moment, le bloc moteur arrière se sépare tout en continuant de brûler les ergols résiduels, tandis que les satellites présents dans la soute sont éjectés. Au milieu de ce brasier, les deux boosters émergent intacts et poursuivent leur course, désormais hors de contrôle.

00:01:15.000

Sous l'effet du freinage aérodynamique brutal lors de la dislocation, la cabine de l'équipage subit une accélération de 12 G. Cette force colossale, causée par la résistance de l'air frappant la structure à près de deux fois la vitesse du son, a pu provoquer une perte de connaissance immédiate chez certains astronautes. Malgré la violence du choc, il est probable qu'ils soient tous restés en vie à cet instant.

PAO JSC: "One minute 15 seconds. Velocity 2,900 feet per second. Altitude 9 nautical miles. Downrange distance 7 nautical miles" | "Une minute 15 secondes. Vitesse 3180 km/h. Altitude 17 km. Distance au sol 13 km."

00:01:16.437

Sous la violence de la collision avec le réservoir principal, le capuchon du booster droit est arraché, délogeant son parachute. Ce dernier se déploie brièvement avant d'être instantanément consumé par les flammes de la tuyère.

00:01:17.000

Dans les secondes qui suivent la rupture, Judith A. Resnik ou Ellison S. Onizuka parvient à activer le système d'air de secours (PEAP) du pilote Michael J. Smith, dont la commande était située derrière son siège. Si celui du commandant Francis R. Scobee est resté éteint, deux autres unités ont été activées sans que leurs utilisateurs ne puissent être identifiés. Les deux derniers PEAP, quant à eux, n'ont jamais été localisés parmi les débris.

00:01:29.000

FLIGHT: "FIDO, trajectories" | "FIDO, trajectoires"

FIDO: "Go ahead" | "Allez-y"

FLIGHT: "Trajectory, FIDO" | "Trajectoire, FIDO"

FIDO: "Flight, FIDO, filters got discreting sources. We're go" | "FLIGHT, FIDO, le radar a des sources réservées. Nous sommes go"

00:01:39.000

Le compartiment de l'équipage atteint le sommet de sa trajectoire à une altitude de 19 800 mètres et commence sa chute dans l'océan.

GC: "FLIGHT, GC, we've had negative contact, loss of downlink" | "FLIGHT, GC, nous avons un contact négatif, perte de liaisons"

FLIGHT: "OK, all operators, watch your data carefully" | "OK, à tous les opérateurs, surveillez attentivement vos données"

FIDO: "FLIGHT, FIDO, till we get stuff back he's on his cue card for abort modes" | "FLIGHT, FIDO, jusqu'à ce que nous retrouvions les liaisons, ils sont livrés à eux-mêmes pour les modes d'annulation"

FLIGHT: "Procedures, any help?" | "Procédures, vous avez quelque chose?"

GPO: "Negative, FLIGHT, no data" | "Négatif, FLIGHT, aucune donnée"

.

00:01:50.250

Livrés à eux-mêmes, les boosters représentent un risque pour la sécurité des biens et des personnes. Le booster droit est neutralisé par un ordre envoyé par le major Gerald F. Bieringer.

00:01:50.252

Le booster gauche est lui aussi neutralisé.

00:01:56.000

PAO JSC: "Flight controllers here are looking very carefully at the situation. Obviously a major malfunction" | "Les contrôleurs de vol suivent très attentivement la situation. Manifestement un grave ennui"

00:02:01.000

GC: "FLIGHT, GC, negative downlink" | "FLIGHT, GC, liaisons négatives"

FLIGHT: "Copy" | "Reçu"

00:02:08.000

PAO JSC: "We have no downlink" | "Nous n'avons plus de liaison"

00:02:25.000

FIDO: "FLIGHT, FIDO" | "FLIGHT, FIDO"

FLIGHT: "Go ahead" | "Allez-y"

FIDO: "RSO reports vehicle exploded" | "Le RSO rapporte que le véhicule a explosé"

FLIGHT: (longue pause) "Copy. FIDO, can we get any reports from recovery forces?" | "Reçu. FIDO, peut-on avoir un rapport des forces de sauvetage"

FIDO: "Stand by" | "Un moment"

00:02:45.000

FLIGHT: "GC, all operators, contingency procedures in effect" | "GC, tous les opérateurs, les procédures d'urgence entrent en fonction"

00:02:50.000

PAO JSC: "We have a report from the flight dynamics officer that the vehicle has exploded. The flight director confirms that. We are looking at checking with the recovery forces to see what can be done at this point" | "Nous avons un rapport de l'officier des dynamiques de vol disant que le véhicule a explosé. Le directeur du vol vient de le confirmer. Nous vérifions avec les forces de sauvetage ce qui peut être fait à cet instant"

00:03:03.000

FLIGHT: "FIDO, FLIGHT" | "FIDO, FLIGHT"

FIDO: "Go ahead" | "Allez-y"

FLIGHT: "LSO and recovery forces, any contacts?" | "La coordination des sauveteurs et forces de sauvetage, un contact?"

00:03:09.000

FIDO: "We're working with them, FLIGHT" | "Nous travaillons avec eux, FLIGHT"

FLIGHT: "OK"

PAO JSC: "Contingency procedures are in effect" | "les procédures d'urgence sont entrés en fonction"

.

00:03:22.000

PAO JSC: "We will report more as we have information available. Again, to repeat, we have a report relayed through the flight dynamics officer that the vehicle has exploded. We are now looking at all the contingency operations and awaiting word from any recovery forces in the downrange field" | "Nous apporterons plus d'informations quand elles seront disponibles. Nous répétons donc que nous avons un rapport relayé par l'officier des dynamiques de vol selon lequel le véhicule a explosé. Nous examinons toutes les opérations d'urgences et nous attendons des nouvelles des forces de sauvetage dans la zone de lancement"

00:03:58.000

La cabine de Challenger percute la surface de l'Atlantique à une vitesse de 333 km/h. Sous la violence du choc, l'équipage subit une décélération instantanée de 200 G, provoquant leur décès immédiat et la destruction de la structure.

00:04:27.000

FLIGHT: "FIDO, FLIGHT... FIDO FLIGHT" | "FIDO, FLIGHT... FIDO, FLIGHT"

FIDO: "Go ahead" | "Allez-y"

FLIGHT: "Did the RSO's have an impact point?" | "Est-ce que l'officier de sécurité a un point d'impact?"

FIDO: "Stand by" | "Un moment"

00:05:03.000

PAO JSC: "This is mission control, Houston. We have no additional word at this time" | "Ici le contrôle de mission à Houston. Nous n'avons aucune information supplémentaire à cet instant"

00:05:05.000

FLIGHT: "Go ahead" | "Allez-y"

FIDO: "The vacuum IP is 28.64 North, 80.28 West" | "Le point d'impact au vide est 28,64 Nord, 80,28 Ouest"

FLIGHT: "How does that stack with the solid recovery forces?" | "Et pour les navires de récupération des propulseurs d'appoint?"

FIDO: "We're still talking to them" | "Nous sommes toujours en train de leur parler"

FLIGHT: "OK"

00:05:24.000

PAO JSC: "Reports from the flight dynamics officer indicate that the vehicle apparently exploded and that impact in the water at a point approximately 28.64 degrees North, 80.28 degrees West" | "Les rapports de l'officier des dynamiques de vol indiquent que le véhicule a apparemment explosé et que l'impact dans l'océan est à approximativement 28,64 degrés nord et 80,28 degrés ouest"

00:05:46.000

PAO JSC: "We are awaiting verification as to the location of the recovery forces in the field to see what may be possible at this point and we will keep you advised as further information is available. This is mission control" | "Nous attendons les vérifications relatives à l'emplacement des forces de sauvetage sur le terrain pour voir ce qui peut être possible de faire à cette heure et nous vous garderons informés dès que des informations seront disponibles. Ici le contrôle de mission"

00:06:41.000

FLIGHT: "OK, everybody stay off the telephones, make sure you maintain all your data, start pulling it together" | "OK, que tout le monde quitte son téléphone, assurez-vous de maintenir toutes vos données, commencez à les réunir"

00:07:17.000

FLIGHT: "FLIGHT, FIDO" | "FLIGHT, FIDO"

FIDO: "FIDO, FLIGHT, go ahead sir" | "FIDO, FLIGHT, allez-y monsieur"

FLIGHT: "Are the LSO's on the loop?" | "Est-ce que la coordination du sauvetage est branché sur les communications?"

FIDO: "We can get 'em" | "On peut les y brancher"

FLIGHT: "Get 'em up on the loop, please" | "Branchez les, s'il vous plait"

LSO: "Yes sir, this is the LSO" | "Oui, monsieur, ici le LSO"

FLIGHT: "OK, are there any forces headed out that way?" | "OK, y a t'il des forces qui se dirigent vers le site?"

LSO: "Yes sir. DOD LSO reports that all forces have been scrambled and they are on their way" | "Oui monsieur. Le ministère de la défense rapporte que toutes les forces ont été détournées et qu'elles sont en route"

FLIGHT: "OK, do we have an ETA?" | "OK, avons nous une estimation de l'heure d'arrivée?"

LSO: "Negative, sir" | "Négatif, monsieur"

00:08:00.000

FLIGHT: "BOOSTER, FLIGHT" | "BOOSTER, FLIGHT"

BOOSTER: "FLIGHT, BOOSTER" | "FLIGHT, BOOSTER"

FLIGHT: "Did you see anything?" | "Avez-vous vu quelque chose?"

BOOSTER: "Nothing, sir, I looked at all the turbine temps were perfect, right on the prediction. All the redlines were in good shape." | "Rien monsieur, j'ai surveillé tout le temps et les températures des turbines étaient parfaites, exactement selon les prévisions. Toutes les lignes rouges étaient correctes"

FLIGHT: "RMU?" | "RMU?"

RMU: "We looked good, FLIGHT" | "Nous avons l'air bon, FLIGHT"

FLIGHT: "ECOM? ECOM, FLIGHT" | "ECOM? ECOM, FLIGHT"

ECOM: "FLIGHT, ECOM, we looked normal" | "FLIGHT, ECOM, nous paraissions normal"

FLIGHT: "DPS?" | "DPS?"

DPS: "All our data's normal, FLIGHT" | "Toutes nos données sont normales, FLIGHT"

FLIGHT: "PROP?" | "PROP?"

PROP: "Everything looked good, FLIGHT" | "Tout avait l'air bon, FLIGHT"

FLIGHT: "GNC?" | "GNC?"

GNC: "FLIGHT, the roll maneuver looked fine, what we saw of it. We were on our way decreasing roll rate as we lost data" | "FLIGHT, la manœuvre de rotation avait l'air bonne, pour ce qu'on en a vu. Nous étions en train de baisser le taux de rotation quand on a perdu les données"

FLIGHT: "Copy" | "Reçu"

00:09:11.000

Les images de la télévision montrent un parachute déployé qui redescend. Plus tard, on apprendra qu'il s'agissait du parachute du booster gauche après sa neutralisation.

FIDO: "That's, uh, probably a paramedic" | "C'est, heu, probablement un secouriste"

00:09:19.000

PAO JSC: "This is mission control, Houston. We are coordinating with recovery forces in the field. Range safety equipment, recovery vehicles intended for the recovery of the SRBs in the general area" | "Ici le contrôle de mission, Houston. Nous nous coordonnons avec les forces de sauvetage sur le terrain. Les équipements de sécurité du pas de tir et les véhicules de récupération des propulseurs d'appoint sont sur zone"

00:09:36.000

PAO JSC: "Those parachutes believed to be paramedics going into that area. To repeat, we had an apparently normal ascent with the data..." | "Ces parachutes doivent être des secouristes en route sur la zone. Nous répétons donc que nous avons eu une ascension apparemment normale selon les données..."

00:09:36.000

FLIGHT: "LSO, FLIGHT. LSO, FLIGHT" | "LSO, FLIGHT. LSO, FLIGHT"

FIDO: "We're getting them, FLIGHT" | "On les appelle, FLIGHT"

LSO: "This is LSO on flight loop" | "Ici LSO sur le circuit de communication"

FLIGHT: "Rog, are you getting any inputs?" | "Compris, vous avez des nouvelles?"

LSO: "Sir, we've got a Jolly 1 on route right now. We've got ships on the way and we've got a C-130 on the way out" |

"Monsieur, nous avons un hélicoptère en chemin en ce moment même. Nous avons des navires en route ainsi qu'un avion C-130"

FLIGHT: "Rog" | "Compris"

00:09:41.000

PAO JSC: "...coming from all positions being normal up through approximately time of main engine throttle back up to 104 percent. At about approximately a minute or so into the flight, there was an apparent explosion. The flight dynamics officer reported that tracking reported that the vehicle had exploded and impact into the water in an area approximately located at 28.64 degrees North, 80.28 degrees West, recovery forces are proceeding to the area including ships and a C-130 aircraft. Flight controllers reviewing their data here in mission control. We will provide you with more information as it becomes available. This is mission control, Houston" | "...qui viennent de tous les postes jusqu'à ce qu'apparemment les moteurs principaux reviennent à 104%. A approximativement une minute de vol, il y a eu une explosion apparente. L'officier des dynamiques de vol a rapporté que les radar de poursuite indiquent que le véhicule a explosé et s'est abîmé en mer dans une zone située approximativement à 24,64 degrés nord et 80,28 degrés ouest. Les forces de sauvetage de dirigent vers cette zone, incluant des navires et un avion C-130. Les contrôleurs de vol revoient leurs données ici au contrôle de mission. Nous vous fournirons des informations supplémentaires quand elles seront disponible. Ici le contrôle de mission à Houston"

00:11:39.000

LSO: "FLIGHT, LSO" | "FLIGHT, LSO"

FLIGHT: "Go ahead" | "Allez-y"

LSO: "Uh, Jolly's have not been cleared in yet, there's still debris coming down" | "Heu, l'hélicoptère ne peut pas encore pénétrer dans la zone, il y a toujours des débris qui tombent"

FLIGHT: "Copy. Who's controlling this operation, please?" | "Reçu. Qui contrôle cette opération, s'il vous plaît?"

LSO: "S&R forces out of Patrick" | "Les forces de sauvetage de la base aérienne de Patrick"

FLIGHT: "Rog. Do we have a coordination loop with those people?" | "Compris. Avons nous un circuit de communication avec ces gens?"

LSO: "We're working with the SOC on DDMS coord right now" | "Nous travaillons avec l'armée sur le réseau radio de la Défense)

LSO: "FLIGHT, LSO" | "FLIGHT, LSO"

FLIGHT: "LSO"

LSO: "Would you like us to try to get up on DDMS coord also?" | "Vous désirez que nous vous mettions aussi sur le réseau de la Défense?"

FLIGHT: "Yes. GC, FLIGHT" | "Oui. GC, FLIGHT"

GC: "FLIGHT, GC" | "FLIGHT, GC"

FLIGHT: "Take that loop into one of the playback loops please, internal to the building only" | "Prenez ce circuit sur un circuit annexe, s'il vous plaît, interne au bâtiment uniquement"

GC: "I didn't copy what you said" | "Je n'ai pas reçu ce que vous disiez"

FLIGHT: "DDMS coord, patch it into one of the playback loops internal to the building" | "Le circuit de la Défense, branchez le sur un circuit annexe interne du bâtiment"

GC: "Copy" | "Reçu"

.

00:12:37.000

FLIGHT: "GC, FLIGHT" | "GC, FLIGHT"

GC: "FLIGHT, GC" | "FLIGHT, GC"

FLIGHT: "Checkpoint status, have we taken one?" | "A t-on effectué un "checkpoint"

GC: "Negative" | "Négatif"

FLIGHT: "Take one now" | "Faites en un maintenant"

GC: "Copy" | "Reçu"

00:13:27.000

GC: "All flight controllers, hold inputs, lock checkpoint in progress" | "A tous les contrôleurs de vol, maintenez les entrées verrouillées, "checkpoint" en cours"

00:15:06.000

FLIGHT: "Operators, contingency plan copies are coming to each console position. If you have an FCOH you can start on the checklist, page 27 dash 4, that's page 27-4. Don't reconfigure your console, take hard copies of all your displays, make sure you protect any data source you have" | "Opérateurs, des copies du plan d'urgence arrivent à chaque console. Si vous avez un manuel des opérations vous pouvez commencer la check-list page 27 tiret 4, c'est page 27-4. Ne reconfigurez pas votre console, prenez des copies papier de tous vos indicateurs, soyez certains de protéger toute source de données que vous avez"

LSO: "Flight, LSO" | "Vol, LSO"

FLIGHT: "LSO?"

LSO: "Looks like about 50 minutes, five zero minutes, before the helicopters are cleared in because of debris" | "Apparemment il faut encore 50 minutes, cinq zéro minutes avant que les hélicoptères puissent pénétrer dans la zone à cause des débris"

FLIGHT: "Fifty minutes from what time, LSO?" | "Cinquante minute à partir de quand, LSO?"

LSO: "OK, from the time of the explosion" | "OK, à partir de l'explosion"

00:21:53.000

PAO JSC: "This is mission control, Houston. Repeating the information that we have at this time. We had an apparently nominal liftoff this morning at 11:38 Eastern time. The ascent phase appeared normal through approximately the completion of the roll program and throttle down and engine throttle back to 104 percent. At that point, we had an apparent explosion. Subsequent to that, the tracking crews reported to the flight dynamics officer that the vehicle appeared to have exploded and that we had an impact in the water down range at a location approximately 28.64 degrees North, 80.28 degrees west. At that time, the data was lost with the vehicle. According to a poll by the flight director, Jay Greene, of the positions here in mission control, there were no anomalous indications, no indications of problems with engines or with the SRBs or with any of the other systems at that moment through the point at which we lost data. Again, this is preliminary information. It is all that we have at the moment and we will keep you advised as other information becomes available. We had, there are recovery forces in the general area. Others being deployed, including aircraft and ships. We saw what we believed to be paramedics parachuting into impact area and we have no additional word at this point. We will keep you advised as details become available to us. This is mission control, Houston" | "Ici le contrôle de mission à Houston. Nous répétons les informations que nous avons à ce moment. Nous avons eu un décollage apparemment nominal ce matin à 11:38 heure de Floride. La phase d'ascension est apparue normale avec le programme de rotation et la réduction de la poussée des moteurs, suivie par le retour à 104%. A ce moment, nous avons eu une explosion apparente. A la suite de cela, les équipes de poursuite ont rapporté à l'officier des dynamiques de vol que le véhicule avait apparemment explosé et qu'un impact en mer avait eu lieu dans une zone située approximativement 28,64 degrés nord, 80,28 degrés ouest. A ce moment les données furent perdues avec le véhicule. Selon une revue effectuée par le directeur du vol, Jay Greene, il n'y a eu aucune indication anormale, aucune indication de problème avec les moteurs ou avec les propulseurs d'appoint ou avec aucun autre des systèmes jusqu'au moment où nous avons perdu les données. Ceci ne sont que des informations préliminaires. C'est tout ce que nous savons en ce moment et nous vous garderons informés dès que des nouvelles arriveront. Nous avons eu, il y a des forces de sauvetage sur zone. D'autres sont en cours de déploiement, y compris des navires et des avions. Nous avons vu ce que nous croyons être des secouristes parachutés sur la zone d'impact et nous n'avons aucune précision pour l'instant. Nous vous garderons informés dès que des détails nous seront disponibles. Ici le contrôle de mission à Houston"

Transcription partielle de l'Air-to-Ground Voice

Le 28 septembre 1986, la NASA a rendu publiques les transcriptions de l'enregistrement de l'interphone « Air-to-Ground Voice », un canal de communication reliant les centres de contrôle au KSC et JSC au cockpit de la navette. Ce système permet de transmettre instructions techniques et mises à jour du directeur de lancement, du directeur de vol et du PAO, tout en captant les échanges informels et commentaires de l'équipage pendant la préparation. Il assure ainsi le suivi des procédures depuis l'installation de l'équipage dans la navette jusqu'aux dernières minutes du compte à rebours.

L'enregistrement couvre plusieurs heures d'attente dans le cockpit, depuis l'installation de l'équipage jusqu'à T-2 minutes 05 secondes avant le décollage. La transcription se termine par une dernière intervention du commandant Francis R. Scobee, au moment où l'Operational Voice Recorder, qui enregistre exclusivement les communications internes au cockpit pendant l'ascension, prend le relais.

Tous les propos tenus par les astronautes entre T-00:02:05 et T+00:01:13 proviennent de l'« Operational Recorder », lequel s'est interrompu lors de la désintégration de la navette, privé d'alimentation électrique. Les échanges enregistrés dans l'Operational Recorder sont repris dans la timeline des événements (Annexe 3).

La NASA n'avait pas publié ces transcriptions auparavant, celles-ci ne contenant aucune information jugée pertinente pour l'enquête et n'ayant pas été transmises à la Commission d'enquête. Toutefois, en réponse aux demandes des médias, une transcription partielle des communications pré-lancement Air-to-Ground Voice a été rendue publique. Ces échanges montrent un équipage confiant, professionnel et impatient de débiter la mission.

À ce jour, la NASA n'a publié aucune version numérique officielle de la transcription complète des communications pré-lancement de la mission 51-L. Les extraits présentés ici sont reconstitués à partir d'articles contemporains de presse (UPI, Los Angeles Times) et du documentaire « Challenger disaster - Lost tapes » produit par National Geographic, qui rapportent fidèlement les transcriptions fournies par la NASA en septembre 1986.

Dès l'embarquement, l'équipage est accueilli par le Launch Director James A. Thomas, qui les salue avec légèreté :

Thomas : « *Bienvenue sur la rampe de lancement la plus septentrionale.* »

Scobee : « *Merci beaucoup.* »

Thomas : « *Ouai, c'est la plateforme la plus au nord que nous ayons, et vous pouvez probablement le voir grâce à la glace qui s'y trouve.* »

Scobee : « *Vous voulez dire que s'ils nous avaient lancés depuis la rampe sud, il aurait fait plus chaud, hein ?* »

Thomas : « *Oui, nous n'aurions pas eu toute cette glace, j'en suis sûr.* »

Scobee : « *Je vois.* ».

Le Launch Director s'enquiert ensuite de l'état général de l'équipage :

Thomas : « *Est-ce que tout le monde va bien ce matin ?* »

Scobee : « *On se sent très bien, Gene, merci.* »

Thomas : « *OK.* »

Avant de conclure par :

Thomas : « *OK, on va vous emmener en balade aujourd'hui.* »

Scobee : « *Bon deal.* »

Une fois installés, les astronautes testent chacun leur interphone avec le centre de contrôle de Houston :

Roberta (nom de famille pas trouvé) : « *VDR, ici OTC.* »

Scobee : « *(Je vous entends) Fort et clair. Bonjour Roberta.* »

Roberta : « *Bonjour Dick. J'espère qu'on partira aujourd'hui.* »

C'est lors de ce test que Christa McAuliffe intervient pour la première et l'une des rares fois :

Roberta : « *Bonjour Christa. J'espère qu'on partira aujourd'hui.* »

McAuliffe : « *Bonjour. Je l'espère aussi.* »

Le froid qu'il règne au Kennedy Space Center et dans la navette donne lieu à quelques plaisanteries. Pourtant, il faisait si froid dans la cabine non chauffée que les visières des casques des astronautes s'embuaient par moments. Le mélange de l'humidité ambiante, de la température glaciale et de la paroi gelée du réservoir externe a généré une fine pellicule de givre, semblable à une bruine, que les astronautes ont pu observer depuis le pont supérieur de l'orbiter.

Resnik : « *Est-ce de la neige ?* »

Scobee : « *Oui.* »

McNair : « *Vous plaisantez ? Vous voyez de la neige sur la vitre ?* »

Smith : « *Oui, le ciel s'est couvert et il a commencé à neiger.* »

Jarvis : « *Ouais, tu peux toujours rêver.* »

En raison de la présence de glace sur le pas de tir, la NASA a décidé de retarder le lancement d'une heure, alors que les astronautes étaient déjà installés dans la navette. Ce retard n'a pas laissé indifférent les astronautes. En effet, Onizuka a provoqué l'hilarité générale en déclarant : « *Gunga Din ne sait pas comment fonctionner par temps froid.* ». Il s'agissait d'une plaisanterie privée mais la NASA n'a pas pu déterminer de qui il s'agissait lorsque Onizuka faisait mention de « Gunga Din ».

Scobee : « *On aurait dû dormir une heure de plus ce matin.* »

Jarvis : « *Ils doivent se faire un max de fric en vendant du café et des beignets aux points d'observation.* »

Scobee : « *Eh bien, dis donc. On aurait dû en prendre.* »

Resnik : « *Quelques grogs chauds.* »

Scobee : « *Oui.* »

Cet échange est suivi par une réponse du pilote Michael J. Smith qui fait remarquer que parler nourriture lui a donné faim. S'n est suivi d'interventions de Resnik et Scobee :

Resnik : « *Mon Dieu, j'avais deux steaks.* »

Scobee : « *Ça devrait te caler pour deux jours.* »

Resnik : « *Ça m'évitera probablement d'aller aux toilettes de toute façon.* »

Malgré l'attente et le froid, la bonne humeur reste de mise. Le commandant et le pilote poursuivent les vérifications selon leur checklist, et la transcription se termine avec Scobee, deux minutes avant le décollage, juste avant la mise en marche de l'Operational Recorder Voice :

Scobee : « *Bienvenue dans l'espace, les gars.* »

ANNEXE 4 - LE MEMO DU 31 JUILLET 1985

Le mémo du 31 juillet 1985

Le 31 juillet 1985, soit six mois avant la catastrophe, l'ingénieur Roger M. Boisjoly envoie un mémo interne d'une urgence absolue à ses supérieurs chez Morton Thiokol.

Après avoir examiné les dégâts sur les joints toriques (O-rings) des vols précédents, il tire la sonnette d'alarme sur leur défaillance lors des phases de décollage par temps froid.

MORTON THIOKOL INC

COMPANY PRIVATE

Wasatch Division



Interoffice Memo

31 July 1985
2870:FY86:073

TO: R. K. Lund
Vice President, Engineering

CC: B. C. Brinton, A. J. McDonald, L. H. Sayer, J. R. Kapp

FROM: R. M. Boisjoly
Applied Mechanics - Ext. 3525

SUBJECT: SRM O-Ring Erosion/Potential Failure Criticality

This letter is written to insure that management is fully aware of the seriousness of the current O-Ring erosion problem in the SRM joints from an engineering standpoint.

The mistakenly accepted position on the joint problem was to fly without fear of failure and to run a series of design evaluations which would ultimately lead to a solution or at least a significant reduction of the erosion problem. This position is now drastically changed as a result of the SRM 16A nozzle joint erosion which eroded a secondary O-Ring with the primary O-Ring never sealing.

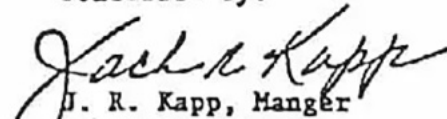
If the same scenario should occur in a field joint (and it could), then it is a jump ball as to the success or failure of the joint because the secondary O-Ring cannot respond to the clevis opening rate and may not be capable of pressurization. The result would be a catastrophe of the highest order - loss of human life.

An unofficial team (a memo defining the team and its purpose was never published) with leader was formed on 19 July 1985 and was tasked with solving the problem for both the short and long term. This unofficial team is essentially nonexistent at this time. In my opinion, the team must be officially given the responsibility and the authority to execute the work that needs to be done on a non-interference basis (full time assignment until completed).

It is my honest and very real fear that if we do not take immediate action to dedicate a team to solve the problem with the field joint having the number one priority, then we stand in jeopardy of losing a flight along with all the launch pad facilities.


R. M. Boisjoly

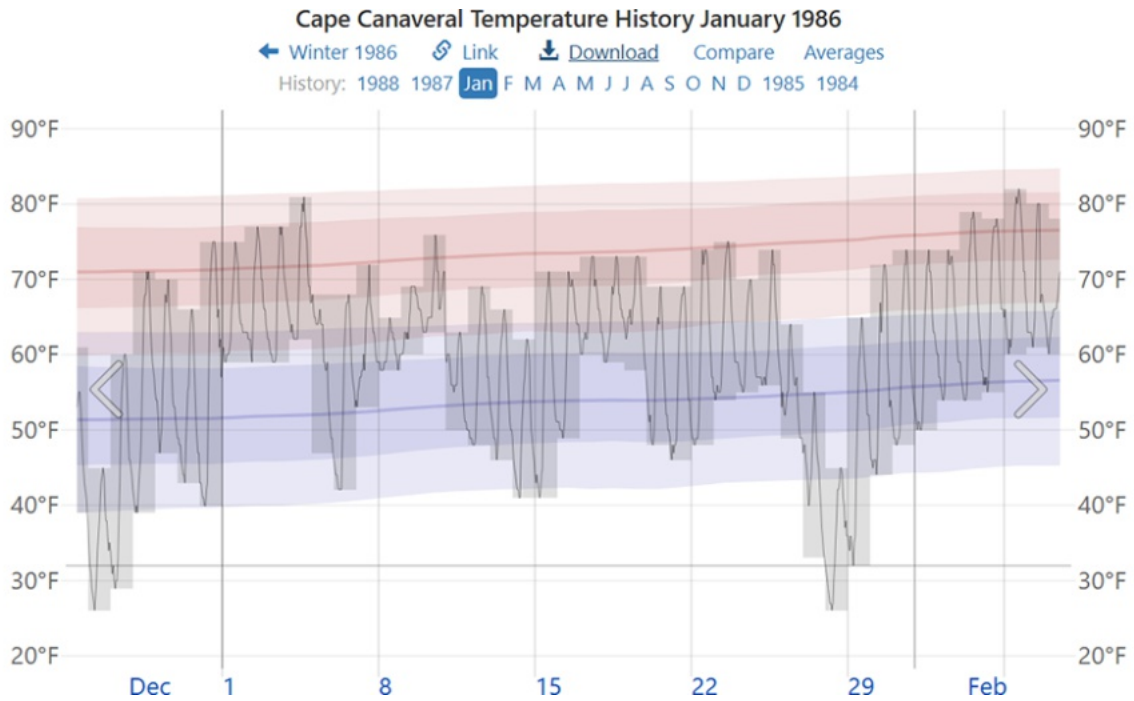
Concurred by:


J. R. Kapp, Manager
Applied Mechanics

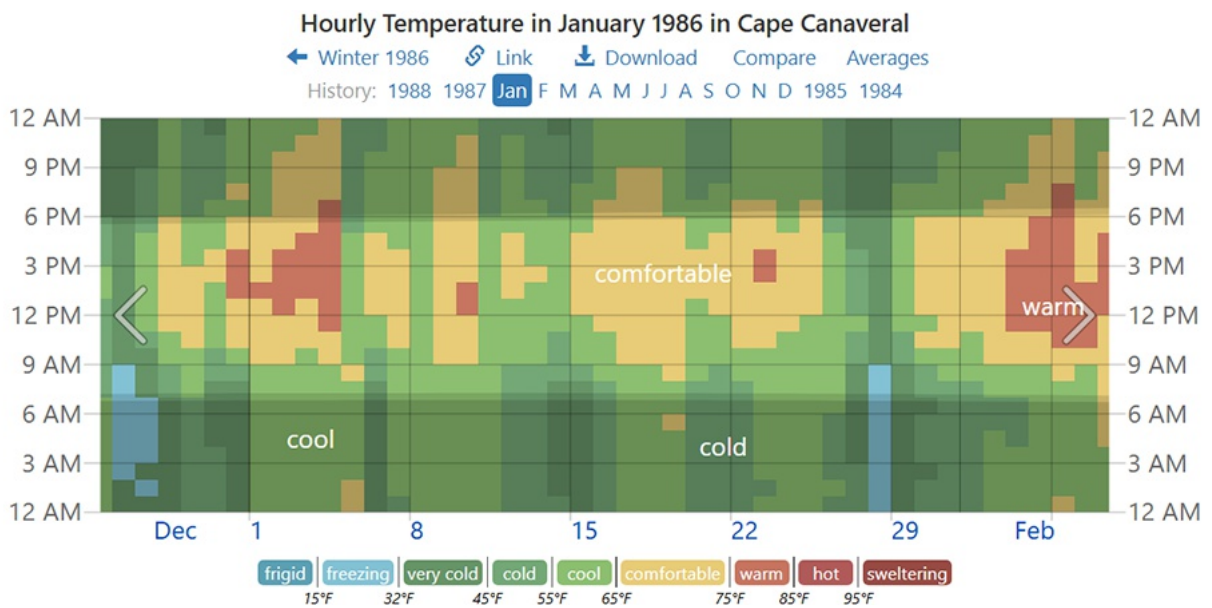
COMPANY PRIVATE

ANNEXE 5 - LA METEO DE JANVIER 1986

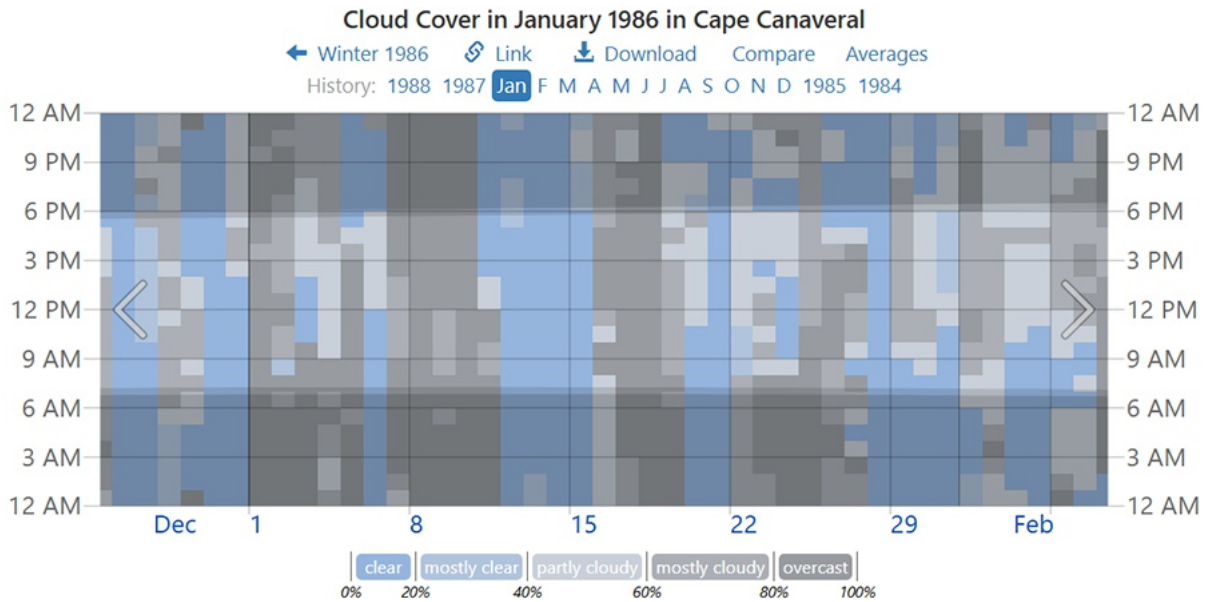
La météo de janvier 1986



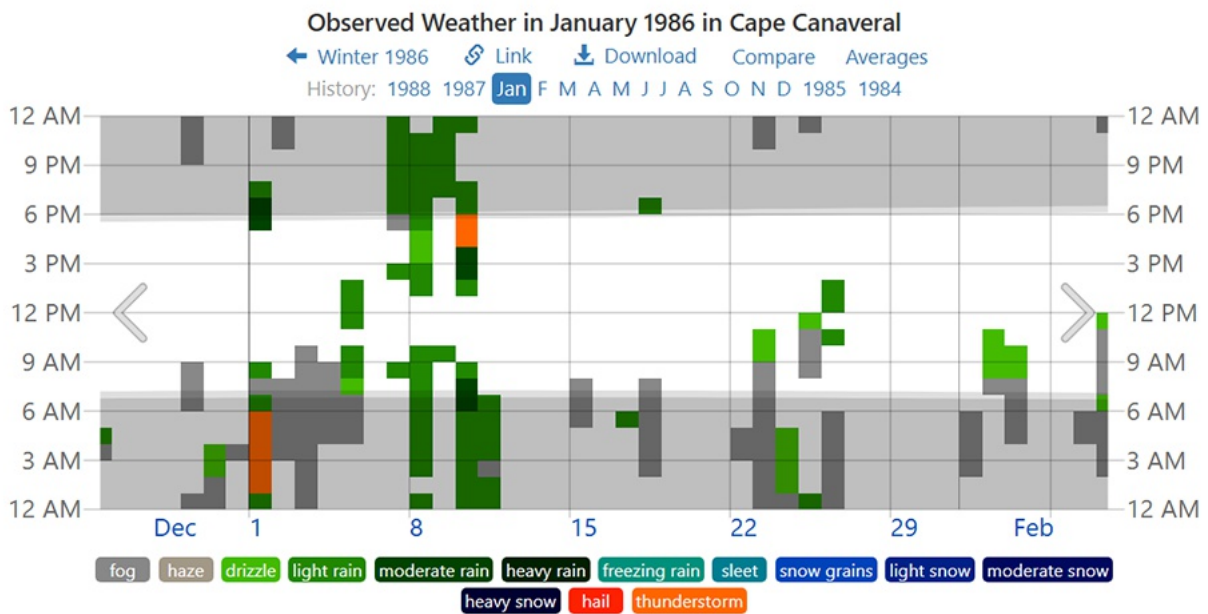
Crédit Weather Spark



Crédit Weather Spark



Crédit Weather Spark



Crédit Weather Spark

ANNEXE 6 - LES DISCOURS PRESIDENTIELS

Discours du Président Reagan le 28/01/1986

Nineteen years ago, almost to the day, we lost three astronauts in a terrible accident on the ground. But, we've never lost an astronaut in flight; we've never had a tragedy like this. And perhaps we've forgotten the courage it took for the crew of the shuttle; but they, the Challenger Seven, were aware of the dangers, but overcame them and did their jobs brilliantly. We mourn seven heroes: Michael Smith, Dick Scobee, Judith Resnik, Ronald McNair, Ellison Onizuka, Gregory Jarvis, and Christa McAuliffe. We mourn their loss as a nation together.

For the families of the seven, we cannot bear, as you do, the full impact of this tragedy. But we feel the loss, and we're thinking about you so very much. Your loved ones were daring and brave, and they had that special grace, that special spirit that says, 'Give me a challenge and I'll meet it with joy.' They had a hunger to explore the universe and discover its truths. They wished to serve, and they did. They served all of us.

We've grown used to wonders in this century. It's hard to dazzle us. But for twenty-five years the United States space program has been doing just that. We've grown used to the idea of space, and perhaps we forget that we've only just begun. We're still pioneers. They, the members of the Challenger crew, were pioneers.

And I want to say something to the schoolchildren of America who were watching the live coverage of the shuttle's takeoff. I know it is hard to understand, but sometimes painful things like this happen. It's all part of the process of exploration and discovery. It's all part of taking a chance and expanding man's horizons. The future doesn't belong to the fainthearted; it belongs to the brave. The Challenger crew was pulling us into the future, and we'll continue to follow them.

There's a coincidence today. On this day 390 years ago, the great explorer Sir Francis Drake died aboard ship off the coast of Panama. In his lifetime the great frontiers were the oceans, and a historian later said, 'He lived by the sea, died on it, and was buried in it.' Well, today we can say of the Challenger crew: Their dedication was, like Drake's, complete.

The crew of the space shuttle Challenger honored us by the manner in which they lived their lives. We will never forget them, nor the last time we saw them, this morning, as they prepared for the journey and waved goodbye and 'slipped the surly bonds of Earth' to 'touch the face of God.'

Discours du Président Reagan le 31/01/1986

Il y a dix-neuf ans, presque jour pour jour, nous perdions trois astronautes dans un terrible accident au sol. Mais jamais nous n'avions perdu d'astronaute en vol ; jamais nous n'avions connu une telle tragédie. Et peut-être avons-nous oublié le courage dont a fait preuve l'équipage de la navette ; mais eux, les sept astronautes de Challenger, étaient conscients des dangers, mais ils les ont surmontés et ont accompli leur mission avec brio. Nous pleurons sept héros : Michael Smith, Dick Scobee, Judith Resnik, Ronald McNair, Ellison Onizuka, Gregory Jarvis et Christa McAuliffe. Nous partageons leur deuil, en tant que nation..

Pour les familles des sept victimes, nous ne pouvons pas, comme vous, ressentir pleinement l'impact de cette tragédie. Mais nous partageons votre douleur et nous pensons très fort à vous. Vos proches étaient audacieux et courageux, dotés d'une grâce particulière, d'un esprit exceptionnel qui dit : « Lancez-moi un défi et je le relèverai avec joie. » Ils avaient soif d'explorer l'univers et d'en découvrir les vérités. Ils souhaitaient servir, et ils l'ont fait. Ils nous ont tous servis.

Nous nous sommes habitués aux merveilles de ce siècle. Il est difficile de nous émerveiller. Pourtant, depuis vingt-cinq ans, le programme spatial américain y parvient. Nous nous sommes habitués à l'idée de l'espace, et nous oublions peut-être que nous n'en sommes qu'au début. Nous sommes encore des pionniers. Eux, les membres de l'équipage de Challenger, étaient des pionniers.

Et je voudrais m'adresser aux écoliers américains qui ont suivi en direct le décollage de la navette. Je sais que c'est difficile à comprendre, mais parfois, des choses douloureuses comme celle-ci arrivent. Cela fait partie intégrante du processus d'exploration et de découverte. Cela fait partie de la prise de risques et de l'élargissement des horizons de l'humanité. L'avenir n'appartient pas aux timorés ; il appartient aux courageux. L'équipage de Challenger nous entraînait vers l'avenir, et nous continuerons à les suivre.

Il y a une coïncidence aujourd'hui. Il y a 390 ans jour pour jour, le grand explorateur Sir Francis Drake mourait à bord d'un navire au large des côtes du Panama. De son vivant, les océans représentaient les grandes frontières, et un historien a dit plus tard : « Il a vécu au bord de la mer, il est mort sur la mer et il y a été enterré. » Eh bien, aujourd'hui, nous pouvons dire de l'équipage de Challenger : leur dévouement était, comme celui de Drake, total.

L'équipage de la navette spatiale Challenger nous a honorés par la manière dont ils ont vécu. Nous ne les oublierons jamais, ni la dernière fois que nous les avons vus, ce matin, alors qu'ils se préparaient pour le voyage, nous faisant leurs adieux et « se libérant des chaînes de la Terre » pour « toucher le visage de Dieu »..

Discours du Président Reagan le 31/01/1986 lors de la cérémonie d'hommage

We come together today to mourn the loss of seven brave Americans, to share the grief we all feel and, perhaps in that sharing, to find the strength to bear our sorrow and the courage to look for the seeds of hope.

Our nation's loss is first a profound personal loss to the family and the friends and loved ones of our shuttle astronauts. To those they have left behind - the mothers, the fathers, the husbands and wives, brothers, sisters, and yes, especially the children - all of America stands beside you in your time of sorrow. What we say today is only an inadequate expression of what we carry in our hearts. Words pale in the shadow of grief; they seem insufficient even to measure the brave sacrifice of those you loved and we so admired. Their truest testimony will not be in the words we speak, but in the way they led their lives and in the way they lost those lives - with dedication, honor and an unquenchable desire to explore this mysterious and beautiful universe.

The best we can do is remember our seven astronauts - our ChallengerSeven - remember them as they lived, bringing life and love and joy to those who knew them and pride to a nation.

They came from all parts of this great country - from South Carolina to Washington State; Ohio to Mohawk, New York; Hawaii to North Carolina to Concord, New Hampshire. They were so different, yet in their mission, their quest, they held so much in common.

We remember Dick Scobee, the commander who spoke the last words we heard from the space shuttle Challenger. He served as a fighter pilot in Vietnam, earning many medals for bravery, and later as a test pilot of advanced aircraft before joining the space program. Danger was a familiar companion to Commander Scobee.

We remember Michael Smith, who earned enough medals as a combat pilot to cover his chest, including the Navy Distinguished Flying Cross, three Air Medals - and the Vietnamese Cross of Gallantry with Silver Star, in gratitude from a nation that he fought to keep free.

We remember Judith Resnik, known as J.R. to her friends, always smiling, always eager to make a contribution, finding beauty in the music she played on her piano in her off-hours.

We remember Ellison Onizuka, who, as a child running barefoot through the coffee fields and macadamia groves of Hawaii, dreamed of someday traveling to the Moon. Being an Eagle Scout, he said, had helped him soar to the impressive achievement of his career.

We remember Ronald McNair, who said that he learned perseverance in the cotton fields of South Carolina. His dream was to live aboard the space station, performing experiments and playing his saxophone in the weightlessness of space; Ron, we will miss your saxophone and we will build your space station.

We remember Gregory Jarvis. On that ill-fated flight he was carrying with him a flag of his university in Buffalo, New York - a small token he said, to the people who unlocked his future.

We remember Christa McAuliffe, who captured the imagination of the entire nation, inspiring us with her pluck, her restless spirit of discovery; a teacher, not just to her students, but to an entire people, instilling us all with the excitement of this journey we ride into the future.

We will always remember them, these skilled professionals, scientists and adventurers, these artists and teachers and family men and women, and we will cherish each of their stories - stories of triumph and bravery, stories of true American heroes.

Discours du Président Reagan le 31/01/1986 lors de la cérémonie d'hommage

Nous sommes réunis aujourd'hui pour pleurer la perte de sept courageux Américains, pour partager la douleur que nous ressentons tous et, peut-être, dans ce partage, pour trouver la force de supporter notre chagrin et le courage de chercher les germes de l'espoir.

La perte de notre nation est avant tout une perte personnelle immense pour les familles, les amis et les proches de nos astronautes de la navette spatiale. À ceux qu'ils ont laissés derrière eux – mères, pères, époux, épouses, frères, sœurs et, surtout, enfants –, l'Amérique tout entière est à vos côtés dans cette épreuve. Nos paroles d'aujourd'hui ne sauraient exprimer pleinement la douleur qui nous accable. Les mots sont impuissants face à un tel chagrin ; ils semblent même insuffisants pour mesurer le courageux sacrifice de ceux que vous aimiez et que nous admirions tant. Leur plus beau témoignage ne résidera pas dans nos paroles, mais dans la manière dont ils ont mené leur vie et dont ils l'ont perdue : avec dévouement, honneur et une soif inextinguible d'explorer cet univers mystérieux et magnifique.

Le mieux que nous puissions faire est de nous souvenir de nos sept astronautes – nos Challenger Seven – de nous souvenir d'eux tels qu'ils ont vécu, apportant vie, amour et joie à ceux qui les ont connus et fierté à une nation.

Ils venaient des quatre coins de ce grand pays : de la Caroline du Sud à l'État de Washington ; de l'Ohio à Mohawk, dans l'État de New York ; d'Hawaï à la Caroline du Nord, jusqu'à Concord, dans le New Hampshire. Ils étaient si différents, et pourtant, dans leur mission, leur quête, ils partageaient tant de points communs.

Nous nous souvenons de Dick Scobee, le commandant qui a prononcé les derniers mots entendus depuis la navette spatiale Challenger. Il a servi comme pilote de chasse au Vietnam, où il a reçu de nombreuses médailles pour sa bravoure, puis comme pilote d'essai d'avions de pointe avant de rejoindre le programme spatial. Le danger était un compagnon familier pour le commandant Scobee.

Nous nous souvenons de Michael Smith, qui, pilote de chasse, a reçu tant de décorations qu'il aurait pu en couvrir sa poitrine, dont la Distinguished Flying Cross de la Marine, trois Air Medals et la Croix de la Vaillance vietnamienne avec étoile d'argent, en témoignage de la gratitude d'une nation pour laquelle il a combattu et qu'il a défendue.

Nous nous souvenons de Judith Resnik, connue sous le nom de J.R. par ses amis, toujours souriante, toujours désireuse de contribuer, trouvant la beauté dans la musique qu'elle jouait au piano pendant son temps libre.

Nous nous souvenons d'Ellison Onizuka qui, enfant, courant pieds nus dans les champs de café et les vergers de macadamia d'Hawaï, rêvait de voyager un jour sur la Lune. Son titre d'Eagle Scout, disait-il, l'avait aidé à atteindre l'impressionnante réussite de sa carrière.

Nous nous souvenons de Ronald McNair, qui disait avoir appris la persévérance dans les champs de coton de Caroline du Sud. Son rêve était de vivre à bord de la station spatiale, de mener des expériences et de jouer du saxophone en apesanteur. Ron, ton saxophone va nous manquer et nous construirons ta station spatiale.

Nous nous souvenons de Gregory Jarvis. Lors de ce vol tragique, il emportait avec lui le drapeau de son université de Buffalo, dans l'État de New York – un petit geste, disait-il, envers ceux qui lui avaient ouvert la voie.

Nous nous souvenons de Christa McAuliffe, qui a captivé l'imagination de toute une nation, nous inspirant par son courage, son esprit curieux et infatigable ; une enseignante, non seulement pour ses élèves, mais pour tout un peuple, nous insufflant à tous l'enthousiasme de ce voyage vers l'avenir.

We will always remember them, these skilled professionals, scientists and adventurers, these artists and teachers and family men and women, and we will cherish each of their stories - stories of triumph and bravery, stories of true American heroes.

On the day of the disaster, our nation held a vigil by our television sets. In one cruel moment, our exhilaration turned to horror; we waited and watched and tried to make sense of what we had seen. That night, I listened to a call-in program on the radio: people of every age spoke of their sadness and the pride they felt in 'our astronauts.' Across America, we are reaching out, holding hands, finding comfort in one another.

The sacrifice of your loved ones has stirred the soul of our nation and, through the pain, our hearts have been opened to a profound truth - the future is not free, the story of all human progress is one of a struggle against all odds. We learned again that this America, which Abraham Lincoln called the last best hope of man on Earth, was built on heroism and noble sacrifice. It was built by men and women like our seven star voyagers, who answered a call beyond duty, who gave more than was expected or required, and who gave it with little thought to worldly reward.

We think back to the pioneers of an earlier century, and the sturdy souls who took their families and the belongings and set out into the frontier of the American West. Often, they met with terrible hardship. Along the Oregon Trail you can still see the grave markers of those who fell on the way. But grief only steeled them to the journey ahead.

Today, the frontier is space and the boundaries of human knowledge. Sometimes, when we reach for the stars, we fall short. But we must pick ourselves up again and press on despite the pain. Our nation is indeed fortunate that we can still draw on immense reservoirs of courage, character and fortitude - that we are still blessed with heroes like those of the space shuttle Challenger.

Dick Scobee knew that every launching of a space shuttle is a technological miracle. And he said, if something ever does go wrong, I hope that doesn't mean the end to the space shuttle program. Every family member I talked to asked specifically that we continue the program, that that is what their departed loved one would want above all else. We will not disappoint them.

Today, we promise Dick Scobee and his crew that their dream lives on; that the future they worked so hard to build will become reality. The dedicated men and women of NASA have lost seven members of their family. Still, they too, must forge ahead, with a space program that is effective, safe and efficient, but bold and committed.

Man will continue his conquest of space. To reach out for new goals and ever greater achievements - that is the way we shall commemorate our seven Challenger heroes.

Dick, Mike, Judy, El, Ron, Greg and Christa - your families and your country mourn your passing. We bid you goodbye. We will never forget you. For those who knew you well and loved you, the pain will be deep and enduring. A nation, too, will long feel the loss of her seven sons and daughters, her seven good friends. We can find consolation only in faith, for we know in our hearts that you who flew so high and so proud now make your home beyond the stars, safe in God's promise of eternal life.

May God bless you all and give you comfort in this difficult time.

Nous nous souviendrons toujours d'eux, ces professionnels compétents, ces scientifiques et aventuriers, ces artistes et enseignants, ces pères et mères de famille, et nous chérirons chacune de leurs histoires – des histoires de triomphe et de bravoure, des histoires de véritables héros américains.

Le jour de la catastrophe, notre nation a veillé devant ses téléviseurs. En un instant cruel, notre joie s'est muée en horreur ; nous avons attendu, regardé, essayant de comprendre ce que nous avons vu. Ce soir-là, j'ai écouté une émission de radio : des personnes de tous âges exprimaient leur tristesse et la fierté qu'elles ressentaient pour « nos astronautes ». Partout en Amérique, nous nous soutenons, nous nous réconfortons les uns les autres.

Le sacrifice de vos proches a profondément touché l'âme de notre nation et, à travers cette douleur, nos cœurs se sont ouverts à une vérité essentielle : l'avenir n'est pas acquis, et l'histoire de tout progrès humain est celle d'une lutte acharnée contre vents et marées. Nous avons appris une fois de plus que cette Amérique, qu'Abraham Lincoln appelait le dernier espoir de l'humanité sur Terre, a été bâtie sur l'héroïsme et le sacrifice admirable. Elle a été bâtie par des hommes et des femmes comme nos sept héros, qui ont répondu à un appel qui dépassait le simple devoir, qui ont donné plus que ce qui était attendu ou exigé, et qui l'ont fait sans se soucier des récompenses terrestres.

Nous repensons aux pionniers du siècle dernier, à ces âmes courageuses qui, avec leurs familles et leurs biens, se sont aventurées vers les confins de l'Ouest américain. Souvent, ils ont affronté de terribles épreuves. Le long de la piste de l'Oregon, on peut encore voir les tombes de ceux qui ont péri en chemin. Mais le chagrin n'a fait que renforcer leur détermination à poursuivre leur route.

Aujourd'hui, la frontière, c'est l'espace et les limites de la connaissance humaine. Parfois, lorsque nous visons les étoiles, nous n'y parvenons pas. Mais nous devons nous relever et persévérer malgré la douleur. Notre nation a la chance de pouvoir encore puiser dans d'immenses réserves de courage, de caractère et de force d'âme – d'être encore bénie par des héros comme ceux de la navette spatiale Challenger.

Dick Scobee savait que chaque lancement de navette spatiale est un miracle technologique. Et il disait : « Si jamais quelque chose tourne mal, j'espère que cela ne signifiera pas la fin du programme de la navette spatiale. » Tous les membres des familles à qui j'ai parlé ont expressément demandé que nous poursuivions le programme, car c'est ce que leur proche disparu aurait souhaité par-dessus tout. Nous ne les décevrons pas.

Aujourd'hui, nous promettons à Dick Scobee et à son équipe que leur rêve perdure ; que l'avenir qu'ils ont bâti avec tant d'efforts deviendra réalité. Les hommes et les femmes dévoués de la NASA ont perdu sept membres de leur famille. Pourtant, eux aussi doivent aller de l'avant, avec un programme spatial efficace, sûr et performant, mais aussi audacieux et déterminé.

L'humanité poursuivra sa conquête spatiale. Se fixer de nouveaux objectifs et réaliser des exploits toujours plus grands : c'est ainsi que nous honorerons la mémoire de nos sept héros de Challenger.

Dick, Mike, Judy, El, Ron, Greg et Christa, vos familles et votre pays pleurent votre disparition. Nous vous disons adieu. Nous ne vous oublierons jamais. Pour ceux qui vous connaissaient et vous aimaient, la douleur sera profonde et durable. Une nation entière ressentira longtemps la perte de ses sept fils et filles, de ses sept amis chers. Seule la foi peut nous apporter du réconfort, car nous savons au fond de nos cœurs que vous qui avez volé si haut et avec tant de fierté, vous reposez désormais au-delà des étoiles, en sécurité dans la promesse de la vie éternelle de Dieu.

Que Dieu vous bénisse tous et vous apporte du réconfort en ces moments difficiles.

Les sources

Biographie des astronautes

[Francis R. Scobee - PDF mis à jour en mai 2013](#)
[Michaël J. Smith - PDF mis à jour en décembre 2003](#)
[Ellison S. Onizuka - PDF mis à jour en janvier 2007](#)
[Judith A. Resnik - PDF mis à jour en décembre 2003](#)
[Ronald E. McNair - PDF mis à jour en décembre 2003](#)
[S. Christa McAuliffe - PDF mis à jour en avril 2007](#)
[Gregory B. Jarvis - PDF mis à jour en décembre 2003](#)

Historique de la navette Challenger / informations sur la mission 51-L

[L'orbiter OV-099 Challenger](#)
[51L Press Kit](#)
[Space Shuttle Mission Chronology](#)
[Space Shuttle Mission Chronology 1981-1999](#)
[Report of the PRESIDENTIAL COMMISSION on the Space Shuttle Challenger Accident](#)
[Ron's Piece](#)

Multimédias

[Challenger Anniversary Resource Tape \(Youtube\)](#)
[Crew Press Conference | December 13, 1985 \(Youtube\)](#)
[Teacher In Space Christa McAuliffe \(Youtube\)](#)
[Shuttle Challenger full 4 hour live NASA feed 1986/1/28 \(Youtube\)](#)
[Playlist Challenger 51L \(Youtube\)](#)
[Challenger Accident Hearing, Day 6, House Science and Technology Committee, June 25, 1986 \(Youtube\)](#)
[Challenger Accident Hearing, Day 4, House Science and Technology Committee, June 17, 1986 \(Youtube\)](#)
[Challenger Accident Hearing, Day 3, House Science and Technology Committee, June 12, 1986 \(Youtube\)](#)
[Challenger Accident Hearing, Day 1, House Science and Technology Committee, June 10, 1986 \(Youtube\)](#)
[Challenger Accident Hearing, Day 2, House Science and Technology Committee, June 11, 1986 \(Youtube\)](#)
[Challenger Accident Press Conference, House Science and Technology Committee, January 28, 1986 \(Youtube\)](#)
[Challenger: President Reagan's Challenger Disaster Speech - 1/28/86 \(Youtube\)](#)
[George Bush Announces Christa McAuliffe as the First Teacher to go to Space \(Youtube\)](#)

Documentaires

[Space Shuttle Challenger Disaster: 30 Years Later | SPECIAL | National Geographic \(Youtube\)](#)
[Challenger, chronique d'un désastre annoncé \(Youtube\)](#)

[Ron's Piece \(Youtube\)](#)

Sources diverses

<https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1986-02-28-mn-12783-story.html>

<https://www.spacesafetymagazine.com/space-disasters/challenger-disaster/>

<https://www.reaganlibrary.gov/archives/speech/address-nation-explosion-space-shuttle-challenger>

<https://www.upi.com/Archives/1986/09/30/More-Challenger-conversations-released/7360528436800/>

<https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1986-10-01-mn-3806-story.html>

Crédits

Sauf mention contraire, toutes les photos et illustrations sont créditées NASA.

Publication de Destination Orbite
<https://destination-orbite.net>

MA-01-2026 (Révision 0)

CC-BY-NC-ND

