

AD-A078 671

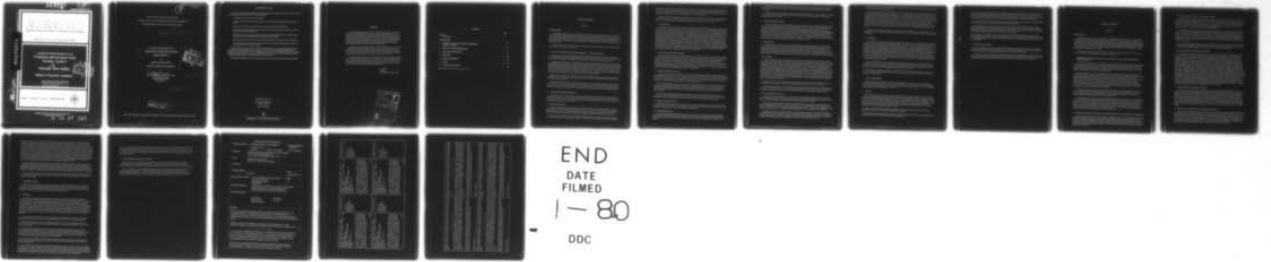
ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT--ETC F/G 1/2  
PROPULSION AND ENERGETICS PANEL WORKING GROUP 11 ON AIRCRAFT F--ETC(U)  
SEP 79 B P BOTTERI

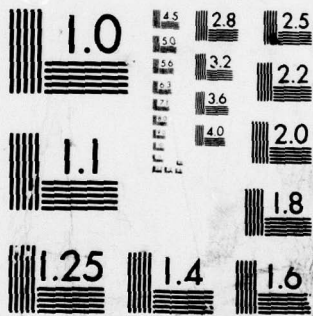
UNCLASSIFIED

AGARD-AR-132-VOL-1

NL

| OF |  
AD  
A078671





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A

~~LEVEL~~

*(Handwritten signature)*

AGARD-AR-132-VOL. I

AGARD-AR-132-VOL. I

# AGARD

ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH & DEVELOPMENT

7 RUE ANCELLE 92200 NEUILLY SUR SEINE FRANCE

ADA 078671

AGARD ADVISORY REPORT No. 132  
Propulsion and Energetics Panel  
Working Group 11  
on  
Aircraft Fire Safety  
Volume 1: Executive Summary

DDC  
RECEIVED  
DEC 31 1955  
E

This document has been approved  
for public release and sale; its  
distribution is unlimited.

DDC FILE COPY

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION



DISTRIBUTION AND AVAILABILITY  
ON BACK COVER

.9 12 27 101

14  
2

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION  
ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT  
(ORGANISATION DU TRAITE DE L'ATLANTIQUE NORD)

9 Advisory rept.

AGARD Advisory Report No.132

6  
PROPULSION AND ENERGETICS PANEL  
WORKING GROUP 11  
on  
AIRCRAFT FIRE SAFETY  
VOLUME 1 EXECUTIVE SUMMARY  
by

DDC  
DEC 31 1979  
E

10 B.P. Botteri (attn S.F.H.)  
AF Aero Propulsion Laboratory (AFSC)  
Fire Protection Branch  
Wright Patterson AFB  
Ohio 45433

12 19

11 Sep 79

This document has been approved  
for public release and sale; its  
distribution is unlimited.

This Advisory Report was prepared at the request of the Propulsion and Energetics Panel of AGARD.

400 043

JOB

## THE MISSION OF AGARD

The mission of AGARD is to bring together the leading personalities of the NATO nations in the fields of science and technology relating to aerospace for the following purposes:

- Exchanging of scientific and technical information;
- Continuously stimulating advances in the aerospace sciences relevant to strengthening the common defence posture;
- Improving the co-operation among member nations in aerospace research and development;
- Providing scientific and technical advice and assistance to the North Atlantic Military Committee in the field of aerospace research and development;
- Rendering scientific and technical assistance, as requested, to other NATO bodies and to member nations in connection with research and development problems in the aerospace field;
- Providing assistance to member nations for the purpose of increasing their scientific and technical potential;
- Recommending effective ways for the member nations to use their research and development capabilities for the common benefit of the NATO community.

The highest authority within AGARD is the National Delegates Board consisting of officially appointed senior representatives from each member nation. The mission of AGARD is carried out through the Panels which are composed of experts appointed by the National Delegates, the Consultant and Exchange Programme and the Aerospace Applications Studies Programme. The results of AGARD work are reported to the member nations and the NATO Authorities through the AGARD series of publications of which this is one.

Participation in AGARD activities is by invitation only and is normally limited to citizens of the NATO nations.

Published September 1979

Copyright © AGARD 1979

All Rights Reserved

ISBN 92-835-0246-9



*Set and printed by Technical Editing and Reproduction Ltd  
Harford House, 7-9 Charlotte St, London, W1P 1HD*

## PREFACE

The risk to passengers and crew of a fire on the ground, during flight or as a result of a crash has been of major concern to both civil and military aircraft operators from the earliest days of powered flight. So the technical factors affecting the causes and the consequences of aircraft fires have been considered from time to time by the Propulsion and Energetics Panel. Following a Symposium in 1975, the Panel appointed a Working Group to review the present position and make recommendations. The Group started work in December 1976, under the chairmanship of Prof I. Glassman and led by its Technical Director Mr B.P. Botteri, and now issues its report in two volumes.

This first volume is an Executive Summary. Because of the importance of the subject to a much wider group of people than the NATO military community, and because the recommendations deserve, in the Panel's opinion, much wider consideration and action, it has been decided to distribute this first volume extensively. The second volume containing the full report is available from the centres shown on the back of the cover.

I am pleased to take this opportunity of thanking Irvin Glassman, Ben Botteri, and all the members of the Working Group for their valuable efforts. As in all the Panel's Working Groups, several NATO nations were involved, and as the report points out, fire safety is a matter in which international standards and international action are particularly needed to maintain the present overall excellent aircraft fire safety record.

Dr J. Dunham  
Chairman,  
Propulsion and Energetics Panel

Accession For	
NRMS GMA&I	<input checked="" type="checkbox"/>
DDC TAB	<input type="checkbox"/>
Unannounced Justification	<input type="checkbox"/>
By	
Distribution/	
Dist	Number of copies
A	

## CONTENTS

	Page
<b>PREFACE</b> by J.Dunham	iii
<b>INTRODUCTION</b>	1 (7)
<b>A. AIRCRAFT ACCIDENT/INCIDENT FIRE EXPERIENCE – GENERAL SCENARIO</b>	1 (7)
<b>B. AIRCRAFT CRASH FIRE PROTECTION</b>	1 (7)
<b>C. INFLIGHT FIRE PROTECTION</b>	3 (9)
<b>D. RAMP FIRES</b>	4 (10)
<b>E. CARGO COMPARTMENTS</b>	4 (11)
<b>F. TESTING</b>	4 (11)
<b>G. FURTHER AGARD ACTION</b>	5 (12)

*Page numbers in brackets indicate the French version*

## EXECUTIVE SUMMARY

by

B.P. Botteri

### INTRODUCTION

The AGARD PEP Working Group 11 on Aircraft Fire Safety became functional in December 1976. The Working Group was tasked to analyze recent aircraft fire experience, delineate areas in which fire protection enhancement is needed, and identify technological opportunities that offer significant prospect for improvement of safety and personnel survivability. Because of the complexity of the overall problem, and the limited time schedule for completion, the Working Group focused its attention on turbine engine powered transport aircraft in a conventional (non-combat) operational environment.

Pertinent Working Group 11 conclusions and recommendations are summarized below and a particular AGARD follow-on action is recommended in paragraph G.

#### A. AIRCRAFT ACCIDENT/INCIDENT FIRE EXPERIENCE – GENERAL SCENARIO

The major cause of impact survivable post-crash fires is fuel spillage from wing tanks, with the most disastrous consequences associated with wing separation, although tank penetration and rupture may produce similar consequences. Fuel line rupture at the engine or elsewhere is also common and has sometimes led to major post-crash fires.

Following initial fuel spillage, an enveloping mist of fuel which readily ignites is often caused by the aircraft motion, not necessarily disastrous by itself, but which can ignite subsequent fuel spillage. The resulting fire increases in intensity, possibly igniting other combustibles. Maximum intensity is reached in two to five minutes, after which the fire declines, although without fire-fighting services this phase may be prolonged. Fuel tank explosions occur on occasion, in about ten percent of fire accidents, and the main consequences are a great increase in the rapidity in which the peak intensity fire is reached, possibly with adverse effects in personnel evacuation. However, several minutes may elapse before explosion occurs, and there are examples of this occurring after evacuation has been completed.

Ignition sources are difficult to identify from accident narratives, although hot engine components and friction sparks from the impact appear to be commonly reported sources. It might be concluded if a fuel mist forms that some ignition source is almost inevitable.

Inflight fires are relatively rare (about 1/20th the probability of a serious accident compared with post-crash fires) and are usually controlled. This is especially true of engine fires which current protection systems cope with adequately. With only three dramatic exceptions, the same is true of cabin interior fires. Combustion of cabin materials may be significant in reducing survival time in post-crash fire accidents, but only marginally if major fuel spillage is fully ignited.

#### B. AIRCRAFT CRASH FIRE PROTECTION

Enhancement of crew and passenger fire survivability under impact survivable aircraft crash conditions represents the highest priority fire safety need. An aggressive, multi-pronged program involving improvement of fuel containment, passenger life-support, and aircraft fire hardening and reduction of fuel ignitability is required. Additional specific pertinent determinations in major areas are as follows:

##### (1) Crashworthy Fuel Systems

The primary problem lies in minimizing the effects of major fuel escape due to wing separation, tank rupture and fuel line failure. Crashworthy fuel systems, as developed for helicopters, cannot solve this problem except possibly to a very limited extent. It is recommended that consideration be given to improving the containment of fuel in fuselage tanks by a crashworthy system approach, together with the application of fail-safe couplings in the fuel system.

Some consideration should be given to the concept of designing the main wing tanks so that when wings separate in an accident fuel escape is, as far as is possible, avoided. For aircraft currently in operational use, such an approach is

quite impracticable; nevertheless, the possibility of a major fire has to be considered and the survival of occupants may need to rely on prevention of fuselage burn-through by use of intumescent paints and similar measures. It is recommended that consideration be given to the incorporation of these features not only in aircraft currently in the course of design and to those in production, but also retrospectively to those now operational.

Modern low density void filler foams and intumescent coatings may help to retard the onset of catastrophic explosions to tanks exposed to fire; consideration should be given to the use of these materials and particularly to their efficacy in a real aircraft environment and after aging experienced during a life of many years use.

## (2) Anti-Misting Fuel

Low volatility fuel of the Jet A/Jet A-1 type should be adopted for worldwide aircraft operations. It is recognized that continued use of Jet B fuel will be required in certain locations where low temperature operations must be met. In conjunction with low volatility/fuel utilization, the anti-misting additive approach for reducing fuel ignitability under dynamic impact survivable release conditions should be vigorously pursued. In this regard, the Working Group strongly endorses the recently approved United Kingdom - United States aggressive joint program activity in this area. The potential benefits are considered to be substantial, particularly because of the potential for application to current aircraft. There may be circumstances, however, where no saving of life or property may arise, but the bulk of the evidence is advantageous. Problems do exist, however, with regard to the use of anti-misting additive both with regard to mixing and also degradation; until satisfactory solutions are available, anti-misting kerosene fuel use remains a prospect only. Its general application must depend finally on its international acceptance since it represents increased direct operating costs, offset only by the savings in insurance. In this respect, in view of the extensive studies and evaluations pertaining to modification of current jet fuel specifications to assure adequate future fuel availability for aircraft, integration of anti-misting and other fire safety considerations into the aforementioned activities could enable transition of a modified, safer fuel into operational use. This opportunity should not be overlooked.

## (3) Inerting and Explosion Suppression Systems

In the crash situation the fire hazard exists mainly due to the release of fuel as a result of tank rupture and penetration. Where part of the fuel system remains intact, tank explosions can subsequently occur because of external heating and/or flame ingress effects. Under the latter conditions, inerting or other protection of the tank ullage should in principle be able to delay the onset of these secondary destructive explosions. Much work remains to be done, particularly by realistic tests, to confirm that the possible benefits can be achieved, before any positive recommendation regarding these systems can be put forward. The relative penalties and cost-effectiveness of the various protection techniques can then be evaluated allowing for possible additional benefits that may accrue. In the case of the inerting systems, the potential enhancement of inflight protection must not be overlooked.

## (4) Fuselage Fire Hardening/Life Support

As we have indicated earlier, crashworthy fuel systems are impractical for current operational aircraft applications. Anti-misting kerosene, should it be shown to be feasible, could substantially reduce crash fire vulnerability but its general operational use is recognized still to be at an indeterminate future date. Consequently, for the *near-term* we are confronted with a status quo with respect to any enhancement of crash fire safety, unless we are willing to pursue less dramatic, but nevertheless meaningful incremental opportunities to enhance passenger survival.

When the fuselage is already ruptured or when doors and escape hatches are opened, the products of the external jet fuel combustion dominate the problem of survivability. Extension of egress/rescue time under such conditions is contingent on delaying or overcoming the hot toxic product gases debilitating effects. The only potentially practical near-term approach in this area is the availability of an individual life support hood with a portable, independent 3-5 minute air supply.

In the case where the fuselage is largely intact, it would appear that localized application of surface protective measures such as intumescent coatings, to hinder burn-through in sensitive areas, and the development of transparencies to resist sustained fire warrant consideration in addition to the aforementioned individual life support hood.

## (5) Emergency Escape Improvements

Aircraft escape slides have saved many lives in the past; recent experience indicates, however, the problem of maintaining their integrity in a fire situation. Consideration should be given to improving the protection given by slides against the effects of fire and also to the maintenance of their structural integrity.

## (6) Fire Fighting Improvements

Although not thoroughly assessed by the Working Group, the possibility of providing an improved fire fighting system from ground sources should be further examined. Proposals for example were suggested for filling the fuselage from external sources with water fog using the conditioned air supply ducts but this introduces other engineering problems.

Another major problem in the crash scenario is that of reduced vision due to smoke; any means of reducing this smoke would be beneficial. In this regard, the repositioning of emergency escape direction signs nearer the floor is recommended.

Another problem with rescue vehicles is in locating an aircraft in poor visibility, e.g., CAT III conditions. Guidance systems relying on the use of Airfield Surface Movement Indicator (ASMI) or homing equipment may be needed to enable them to operate effectively.

### C. INFLIGHT FIRE PROTECTION

Aircraft are potentially vulnerable to inflight fire and explosion as a result of on-board equipment failure, careless acts, e.g. improper disposal of smoking materials or ignition threats posed by external sources such as lightning strikes. Although the overall inflight fire safety record is highly laudable, several major fire related accidents have been experienced in the period 1964-1974. These have included suspected lightning strike induced fuel tank explosions, fuel tank explosion induced by external heating for example by uncontrollable fire in an adjacent propulsion installation, and interior cabin fires. Additionally, numerous fire incidents have occurred where proper engineering design criteria, emergency actions and protection systems effectively limited the extent of damage and obviated any human injuries or fatalities. The overall accident and incident experience was assessed by the Working Group and provides the basis for the following conclusions and recommendations with respect to inflight fire scenarios.

#### (1) Engine Systems

Current fire protection measures offer a satisfactory high standard of fighting an engine fire contained within the nacelle. This no longer exists, of course, when the debris resulting from an engine break-up is not contained. Work should continue to reduce the frequency of noncontainment of debris and enhance the safety of the aircraft. It is unlikely that a complete solution to the problem will be possible and the aim must be to minimize the effects, should it occur, by suitable positioning of sensitive items and, where necessary, incorporation of additional protective measures. Similar concerns, preventive approaches and protective measures are also necessary with regard to the titanium fire hazard.

#### (2) Fuel Systems

Suspected lightning induced fuel tank explosions have all involved the more volatile Jet B type fuel or mixture of Jet B and Jet A fuels. These fuels are inherently more prone to generation of flammable vapour-air mixtures in the tank ullage under subsonic flight conditions. The lack of any mishaps involving straight Jet A type fuel appears to substantiate its safety advantage over Jet B under subsonic operational conditions. It must however also be emphasized that the extensive operational safety record with Jet B, both in military and civil aircraft, with respect to the lightning environment has been truly outstanding. The overall conclusion one arrives at is that valid engineering design criteria are being applied with respect to lightning protection and internal electrical system distribution. Advantages result from the continuous improvement in explosion resistance due to design progress, particularly in vent flame prevention, care in bonding, skin penetration, and use of intrinsically safe equipment within the tank. We must, however, not become complacent and improvements, where possible, should continue to be encouraged. It should be recognized, however, that future aircraft incorporating composite construction may be vulnerable and it is recommended that the effects of lightning strike should be examined for such materials.

With respect to protection of fuel systems from engine break-up continued consideration will have to be given to either positioning of the engines or armouring fuel systems against impact by any likely size of engine debris.

On-board inert gas generation systems currently under development provide an opportunity for additional enhancement of fuel tank protection which, in conjunction with other potential protection benefits offered, make their future consideration more attractive. Continued research and development activity consequently is strongly endorsed.

#### (3) Crew and Passenger Compartment

A major hazard reduction would arise if a no smoking rule were introduced and rigidly enforced. Since public opinion is unlikely yet to agree with such action, major protective measures should be employed in high hazard areas such as lavatories. These should be provided with automatic warning and extinguishment systems.

The presence of large quantities of combustibles carried by passengers, e.g., newspapers, hand luggage, coats and fluids containing alcohol, constitutes a serious potential fire source. It is recommended that serious consideration be given to minimizing this hazard for example by special on-board storage facilities. In addition, the current policy by some airlines of using large quantities of potentially hazardous plastic products for food and drink must be questioned.

Inflight fires also arise from the electrical system; short circuit protection, especially in air conditioning systems, requires reassessment and the consequences of aging on the integrity of electrical systems require review. Consideration should also be given to the incorporation of access ports to areas behind interior panels where electrical wiring is routed to enable localized application of a fire extinguishant such as Halon 1301 for emergency fire control.

Efforts should be made to ensure that the Crew Compartment will not suffer a high smoke concentration by suitable design and control of the air conditioning system.

The use of the oxygen system on existing aircraft should be immediately reassessed as a means of improving human survivability in the event of toxic smoke invading the cabin. A standardized emergency procedure is required; the issue involves possibility of fire intensification versus passenger incapacitation from toxic combustion by-products. For the future, the concept of individual life support hoods for both crew and passengers deserves immediate attention, both for the inflight and post-crash fire scenarios. A multifunction hood is visualized which would be disconnectable from aircraft emergency oxygen system, and upon disconnect for egress purposes, provides a portable 3-5 minute air supply reservoir or source. With such an emergency life support hood, it should be possible to incorporate improved fire-retardant materials within interior cabin areas which otherwise would be unacceptable from a toxic product generation viewpoint. These materials, in addition to being more economical, would enable effective neutralization of the "flash-over" fire threat.

Apart from the deterioration by aging of electrical systems other non-metallics - oxygen systems, seat covers, and other furnishings - may similarly become less fire resistant with age. A research program to examine this situation should be carried out.

#### D. RAMP FIRES

These generally occur either because of faults developing in the electrical system, the landing gear or during refueling operations; the latter has largely been eliminated by adherence to established fuel system design criteria, fuel servicing procedures, and in many countries by use of a static dissipator additive. The use of a static dissipator additive in aviation fuels is endorsed by the Working Group. The majority of recent electrostatic incidents during ground fueling have involved polyester polyurethane foam filled fuel tanks on military aircraft. Recent investigations have shown that direct impingement of fuel on these baffle materials results in localized electrical discharges which under proper fuel-air mixture conditions can trigger an internal combustion process. Because of the explosion protection offered by these baffle materials, these incidents have primarily entailed low order internal fire damage. Indications are that such occurrences can be essentially eliminated by modified fuel inlet and velocity criteria and, depending on the type of baffle foam, use of antistatic additive in the fuel. Since internal baffle foam is not currently utilized on civil transports, those aircraft are not affected by this potential problem.

Tire and wheel failures, however, which can lead to fires fed by the hydraulic system may lead to more serious disasters even if the ground services are quick to respond. The problems of hydraulic fluid flammability and the reduction in tire failures are both subjects where research could usefully be performed. Incorporation of sensors to monitor tire pressurization prior to take-off is also suggested as a mishap prevention approach.

When aircraft are unattended, consideration should be given to the provision of portable, automatic cabin fire detection and extinguishment capabilities in order to avoid extensive fire damage from comparatively minor fires being permitted to continue unabated.

#### E. CARGO COMPARTMENT

Cargo compartment fires can arise because of hazardous materials inadequately contained. Since no practical measures can totally prevent such fires, it is necessary to provide means of containing fires which do occur and isolating the compartment. In the consideration of the on-board inert gas generation system application, the benefit of providing cargo compartment protection should not be overlooked.

#### F. TESTING

The overall excellent aircraft fire safety record manifests the benefits of extensive past testing, some of it triggered by unfortunate accidents. Much of the testing was in the category of engineering evaluations, i.e., investigation of the fire problem under specific high realism operational test conditions. Although a number of so called laboratory test methods have evolved and are in many instances economically essential, a large gap still exists in being able to correlate the results of a laboratory test or a combination of tests with the real world fire scenario. Consequently, the Working Group suggests that all of the various types of tests should be reviewed in the light of modern experimental and theoretical techniques to determine whether better tests can be devised.

(1) The tests themselves should be of sufficiently fundamental nature so that the experiments can be described analytically. If they are not, they should be modified or new tests devised.

(2) Within practical cost limits, modern experimental methods should be employed to produce not a single number, but a behavior pattern; not only a lumped parameter, but a detailed structure.

- (3) Analytical models and techniques should be developed to relate laboratory test results to the full-scale problem. The nature of the tests and their interpretation must be developed together. The laboratory test results must provide the input data necessary for the analysis and therefore, cannot be selected arbitrarily. It would be useful, in fact, to analyze a fire risk problem and establish the type of tests necessary to provide quantitative evaluations and comparisons.
- (4) Government laboratories and large industrial laboratories should continue to develop large-scale simulation facilities to provide a bridge between small scale laboratory tests and the full-scale problem.
- (5) Wherever possible, accident data and full-scale tests should be used to refine the analytical models and guide laboratory test development. In this regard, participation of "a fire pattern expert" in aircraft accident investigations is strongly urged to assure comprehensive fire scenario or a "non-fire" scenario, as the case may be, analysis for meaningful input into model development and laboratory and full-scale test performance.
- (6) With respect to combustion and pyrolysis by-products, animal testing is the only adequate technique to study toxicity although chemical analysis is useful. In this regard, semi- and full-scale testing relating to fire scenarios involving human exposure should always be conducted in an integrated manner, so as to yield both fire response and human survivability information.

#### G. FURTHER AGARD ACTION

In the consideration of any of the recommendations, the Working Group strongly endorses a plan of execution which fosters cooperative international participation since, in many instances, implementation of promising approaches, once proven to be valid from an engineering viewpoint, shall require international acceptance.

In this regard, it is recommended that strong consideration be given to the establishment of a Systems Safety Panel under AGARD. A Safety Panel comprised of appropriate interdisciplinary representation is visualized to assure a suitable integrated engineering approach since fire safety is only one element of any overall system safety assessment.

## EXECUTIVE SUMMARY

par

B.P. Botteri

### INTRODUCTION

Le Groupe de Travail No. 11 du Groupe de Propulsion et d'Energétique (PEP) de l'AGARD, sur la Sécurité en matière d'Incendies d'Avions a commencé ses activités en Décembre 1976. Ses objectifs étaient les suivants: analyse des expériences récentes en matière d'incendies d'avions, détermination des secteurs nécessitant une protection accrue contre l'incendie, et identification des développements technologiques susceptibles d'améliorer la sécurité et les chances de survie du personnel. Etant donné la complexité du problème et le temps limité qui lui était imparti, le Groupe de Travail concentra son attention sur les avions de transport propulsés par turbomoteurs et évoluant dans un environnement opérationnel classique (et non de combat).

Les conclusions et recommandations du Groupe de Travail No. 11 sont résumées ci-après. La suite à donner au niveau de l'AGARD fait l'objet des suggestions présentées au paragraphe G.

### A. EXPERIENCE EN MATIERE D'INCENDIE D'AVIONS RESULTANT D'ACCIDENTS OU INCIDENTS – SCENARIO GENERAL

La cause majeure des incendies d'avions consécutifs à un atterrissage accidentel avec impact non mortel est la fuite de carburant hors des réservoirs alaires; les conséquences les plus désastreuses sont liées au décollement de la voilure, bien que la perforation et la rupture des réservoirs puissent entraîner des conséquences similaires. Une rupture des conduits de carburant au niveau du moteur ou en tout autre point est également un phénomène courant et entraîne parfois des incendies graves à la suite d'atterrissages accidentels.

Lorsque du carburant commence à se répandre, le mouvement de l'avion provoque souvent la formation d'un brouillard enveloppant de carburant qui s'enflamme facilement; ce phénomène n'est pas désastreux en lui-même mais il peut entraîner un incendie du carburant qui continue à se répandre. Cet incendie augmente en intensité, se propageant éventuellement à d'autres produits combustibles. L'intensité maximale est atteinte au bout de deux à cinq minutes, après quoi elle diminue; mais cette phase peut se prolonger si les services de lutte contre l'incendie n'interviennent pas. Dans environ 10% des accidents de ce type, les réservoirs de carburant explosent; la phase d'intensité maximale de l'incendie est alors atteinte plus rapidement, mettant éventuellement obstacle à l'évacuation du personnel. Toutefois, plusieurs minutes peuvent s'écouler avant que l'explosion ne se produise, et il existe des exemples où cette explosion ne survient qu'après l'évacuation.

Il est difficile, sur la base des comptes rendus d'accidents, d'identifier les sources d'inflammation; cependant, les parties chaudes du moteur et les étincelles produites par frottement à la suite de l'impact semblent constituer les sources d'inflammation dont il est fait couramment état. En cas de formation de brouillard de carburant, on peut conclure qu'une source d'inflammation quelconque est presque inévitable.

Les incendies survenant en vol sont relativement rares (probabilité d'accident grave d'environ 1/20 en comparaison des incendies consécutifs aux atterrissages accidentels); de plus, ils sont généralement maîtrisés. Ceci est particulièrement vrai des incendies de moteurs auxquels remédient de façon satisfaisante les systèmes de protection actuels. A l'exception de trois exemples dramatiques, cette même remarque s'applique aux incendies se déclarant à l'intérieur des cabines. La combustion des matériaux constituant la cabine peut jouer un rôle important dans la réduction des possibilités de survie, lors des incendies consécutifs aux atterrissages accidentels, mais ce rôle n'est que marginal si une quantité considérable de carburant se répand et s'enflamme totalement.

### B. PROTECTION CONTRE LES INCENDIES D'AVIONS CONSECUTIFS AUX ATERRISSAGES ACCIDENTELS

L'accroissement des chances de survie de l'équipage et des passagers en cas d'incendie survenant dans des conditions d'atterrissage accidentel avec impact non mortel, constitue l'impératif prioritaire en matière de protection contre l'incendie. Un programme dynamique aux ramifications multiples s'avère nécessaire pour l'amélioration des conteneurs de carburant et des systèmes d'assistance vitale pour les passagers et pour le renforcement de la résistance au feu des avions et la réduction de l'inflammabilité des carburants. Les autres conclusions spécifiques dans les domaines les plus importants sont les suivantes:

### (1) Circuits de Carburant à l'Épreuve des Atterrissages Accidentels

Le problème essentiel consiste à réduire au minimum les effets d'une fuite importante de carburant résultant de la séparation de la voilure, de la rupture du réservoir ou d'une défaillance des conduits de carburant. Les circuits de carburant à l'épreuve des atterrissages accidentels, comme ceux mis au point pour les hélicoptères, ne peuvent résoudre ce problème, sinon, peut-être dans une mesure très limitée. Il est recommandé de s'efforcer d'améliorer la résistance des réservoirs à carburant par un système à l'épreuve des atterrissages accidentels, et de mettre en oeuvre, dans les circuits de carburant, des couplages offrant une sécurité après défaillance.

Il serait également souhaitable de s'efforcer de concevoir les principaux réservoirs alaires de façon à éviter dans la mesure du possible les fuites de carburant lors de la séparation de la voilure au cours d'un accident. Pour les avions actuellement opérationnels, cette approche n'est pas réalisable. Cependant, la possibilité d'un incendie grave doit être envisagée, et la survie des occupants peut reposer sur la prévention d'une combustion complète du fuselage grâce à l'utilisation de peintures intumescentes ou de procédés similaires. Il est recommandé d'envisager l'intégration de ces caractéristiques non seulement sur les appareils actuellement de fabrication, mais aussi rétrospectivement, sur ceux actuellement en service.

Les mousses de remplissage à faible densité et les enduits intumescents peuvent contribuer à retarder le déclenchement d'explosions catastrophiques des réservoirs exposés au feu; Il importe d'étudier l'utilisation de ces matériaux et en particulier leur efficacité dans l'environnement réel d'un avion, et au bout de plusieurs années.

### (2) Carburants Réfractaires à la Formation de Brouillard

Les carburants de faible volatilité, du type Jet A et Jet A-1, devraient être adoptés à l'échelle mondiale. Il est reconnu que l'usage continu du carburant Jet B est cependant requis en certains endroits où les opérations doivent s'effectuer aux basses températures. Outre l'utilisation de carburants de faible volatilité, le recours à des additifs empêchant la formation de brouillard, afin de réduire l'inflammabilité du carburant répandu dans des conditions d'impact dynamique non mortel, doit être poursuivi avec vigueur. A cet égard, le Groupe de Travail donne sa pleine adhésion au programme très actif entrepris en commun dans ce domaine par la Grande Bretagne et les Etats-Unis, et récemment approuvé. Les bénéfices susceptibles d'en résulter sont considérés comme substantiels, en particulier du fait des applications possibles de ce programme aux avions actuels. Il peut cependant y avoir des circonstances où le sauvetage de vies humaines ou de biens matériels s'avère impossible; mais les preuves recueillies sont dans l'ensemble favorables. L'utilisation d'additifs destinés à prévenir la formation de brouillards pose toutefois des problèmes du point de vue du mélange aussi bien que de la dégradation; jusqu'à ce que des solutions satisfaisantes soient trouvées, l'utilisation de carburants à base de kérosène réfractaire à la formation de brouillard ne reste qu'une perspective d'avenir. Leur application générale doit dépendre finalement de leur acceptation au plan international, puisqu'ils représentent une augmentation des coûts directs de fonctionnement, compensée seulement par une économie en assurances. A cet égard, des études et évaluations considérables portant sur la modification des spécifications actuelles de carburant pour réacteurs sont actuellement poursuivies afin d'assurer pour les avions une réserve adéquate de carburant dans l'avenir; la prise en compte, dans ces activités, des considérations sur la prévention de formation de brouillard et sur d'autres dispositifs de sécurité contre l'incendie, pourrait permettre la transition vers l'utilisation opérationnelle d'un carburant modifié, d'une plus grande sécurité. Cette possibilité ne doit pas être négligée.

### (3) Systèmes d'Inertage et de Suppression d'Explosion

En cas d'écrasement d'avion au sol, les risques d'incendie proviennent principalement des fuites de carburant résultant de la rupture ou de la perforation des réservoirs. Lorsqu'une partie du circuit carburant demeure intacte, une explosion de réservoir peut survenir ultérieurement sous l'effet de l'échauffement externe ou de la pénétration des flammes. Dans ces conditions, l'inertage, ou toute autre protection du volume d'expansion du réservoir, devrait en principe pouvoir retarder le déclenchement de ces explosions secondaires destructrices. Il reste encore beaucoup à faire, en particulier au plan des essais réalistes, pour confirmer la possibilité d'obtention de résultats avantageux, avant de formuler toute recommandation positive concernant ces systèmes. Les inconvénients relatifs, et la rentabilité des diverses techniques de protection pourront alors être évalués en tenant compte des bénéfices additionnels susceptibles d'être obtenus. Dans le cas de systèmes d'inertage, le renforcement potentiel de la protection en vol ne doit pas être oublié.

### (4) Renforcement de la Résistance au Feu du Fuselage/Assistance Vitale

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les circuits de carburant à l'épreuve des atterrissages accidentels ne sont pas réalisables pour les avions opérationnels actuels. Le kérosène réfractaire à la formation de brouillard, s'il s'avère réalisable, pourrait réduire de façon substantielle la vulnérabilité aux incendies résultant d'écrasements au sol; cependant, il est reconnu que son emploi opérationnel généralisé se situe encore à une date indéterminée. Par conséquent, en ce qui concerne le court terme, nous sommes acculés à un "statu quo" pour toute amélioration de la sécurité en matière d'incendies consécutifs aux atterrissages accidentels, à moins que nous n'acceptions d'explorer des possibilités moins spectaculaires, mais néanmoins intéressantes, pour accroître les chances de survie des passagers.

Lorsque le fuselage est déjà rompu ou que les portes et trappes de secours sont ouvertes, ce sont les produits de la combustion externe du carburant réacteur qui jouent le rôle prépondérant dans le problème de la survie. Dans ces conditions, le temps disponible pour l'évacuation et le sauvetage ne peut être augmenté que s'il est possible de retarder ou de surmonter les effets débilissants des gaz chauds toxiques. La seule approche à court terme qui soit potentiellement réalisable dans ce domaine est l'existence d'un masque individuel avec réserve d'air portative et indépendante d'une durée de 3 à 5 minutes.

Si le fuselage est en grande partie intact, il semblerait que l'application localisée de mesures protectives de surface telles que les enduits intumescents, afin d'éviter une combustion complète dans certaines zones sensibles, et le développement de matériaux transparents capables de résister à un incendie soutenu, méritent également d'être envisagés.

#### (5) Amélioration des Issues de Secours

Les toboggans d'évacuation ont sauvé de nombreuses vies humaines; des expériences récentes ont cependant révélé qu'il est difficile de sauvegarder leur intégrité en cas d'incendie. Il faut donc réfléchir aux moyens d'améliorer la protection qu'ils offrent contre les effets d'un incendie, ainsi que le maintien de leur intégrité structurale.

#### (6) Amélioration des Moyens de Lutte Contre l'Incendie

Bien qu'elle n'ait pas fait l'objet d'une évaluation approfondie de la part du Groupe de Travail, la possibilité d'un système amélioré de lutte contre l'incendie utilisant des ressources au sol mérite d'être explorée plus à fond. Il a été suggéré, par exemple, de remplir le fuselage d'eau sous forme de brouillard, à partir de sources extérieures, en utilisant les conduits d'arrivée d'air conditionné; cette solution introduit toutefois de nouveaux problèmes d'ingénierie.

Un autre problème très important dans le scénario d'un atterrissage accidentel est celui de la diminution de visibilité qu'entraîne la présence de fumée; tout moyen permettant de réduire cette fumée serait utile. A cet égard, il est recommandé de modifier l'emplacement des signalisations indiquant la direction des issues de secours, pour les rapprocher du sol de la cabine.

Un autre problème expérimenté par les véhicules de sauvetage est celui de la localisation d'un avion par mauvaise visibilité, par exemple dans des conditions de la Catégorie III. Des systèmes de guidage reposant sur l'utilisation d'Indicateurs de Mouvements de Surface d'Aérodromes (ASMI) ou de dispositifs d'auto-guidage, peuvent s'avérer nécessaires pour leur permettre d'agir avec efficacité.

### C. PROTECTION CONTRE LES INCENDIES EN VOL

Les avions sont potentiellement vulnérables aux incendies et explosions en vol provoqués par des pannes d'équipement de bord, des actes de négligence susceptibles d'être commis par des fumeurs, ou des causes extérieures, comme la foudre. Bien que, dans son ensemble, le dossier de la sécurité à l'égard des incendies en vol soit digne d'éloges, plusieurs accidents graves liés à des incendies se sont produits au cours de la période 1964-1974. Parmi ceux-ci, on compte des explosions de réservoirs à carburant attribués à la foudre, d'autres causées par un échauffement extérieur, par exemple par un incendie incontrôlable dans un groupe propulseur contigu, ainsi que des incendies survenus à l'intérieur des cabines. D'autre part, lors de nombreux incidents dus au feu, l'étendue des dégâts a pu être efficacement limitée, et toute blessure ou perte de vie humaine évitée grâce à des critères de conception, des secours et des systèmes de protection appropriés. La totalité de l'expérience acquise en matière d'accidents et d'incidents a été évaluée par le Groupe de Travail et a servi de base aux conclusions et recommandations suivantes en ce qui concerne les scénarios d'incendies en vol.

#### (1) Systèmes Propulseurs

Les mesures actuelles de protection contre l'incendie permettent de lutter de façon satisfaisante contre un incendie de moteur limité au fuseau réacteur. Ce n'est plus le cas, évidemment, lorsque les débris créés par la fragmentation d'un moteur sont projetés hors du fuseau. Des travaux doivent être poursuivis en vue de réduire la fréquence de projection des débris et d'accroître ainsi la sécurité de l'avion. Il est improbable que l'on puisse trouver une solution parfaite à ce problème; l'objectif poursuivi devrait donc consister à réduire au minimum les effets d'une telle projection, si elle devait se produire, en donnant aux éléments sensibles un emplacement adéquat et, en cas de nécessité, en incorporant des dispositifs de protection additionnels. Des considérations semblables, tant dans le domaine des méthodes préventives que dans celui des mesures de protection, s'appliquent également aux risques d'incendie du titane.

#### (2) Circuits de Carburants

Dans toutes les explosions de réservoirs de carburant attribuées à la foudre, les carburants les plus volatiles, soit du type Jet B, soit composés d'un mélange Jet B plus Jet A, se sont trouvés impliqués. De par leur nature, ces carburants sont plus enclins que les autres à former des mélanges inflammables de vapeur et d'air dans le volume d'expansion du réservoir, à des vitesses subsoniques. L'absence d'incidents liés à l'utilisation d'un carburant de type Jet A pur semble

confirmer l'avantage que présente celui-ci sur un carburant Jet B, au plan sécurité, dans des conditions de fonctionnement subsonique. Il faut cependant souligner que le dossier très complet de sécurité de fonctionnement constitué sur le carburant Jet B, en présence d'éclairs, qu'il s'agisse d'avions civils ou militaires, est absolument excellent. La conclusion générale qui s'impose est que, en ce qui concerne la protection contre la foudre et la répartition interne des circuits électriques, les critères de conception appliqués sont valables. Certains avantages résultent de l'amélioration continue de la résistance aux explosions grâce aux progrès conceptuels réalisés en particulier dans les domaines suivants: prévention des flammes dans les événements, mises à la masse, revêtement, et utilisation, à l'intérieur des réservoirs, de matériel présentant une sécurité intrinsèque. Gardons-nous toutefois de toute auto-satisfaction, et continuons à encourager les perfectionnements dans tous les secteurs possibles. Il faut reconnaître, cependant, que les avions de l'avenir dont la construction fera appel à des matériaux composites pourront être vulnérables; il est donc recommandé que les effets de la foudre sur ces matériaux fassent l'objet d'études.

En ce qui concerne la protection des circuits de carburant contre la fragmentation des moteurs, une attention continue doit être consacrée soit à la position des moteurs, soit au blindage des circuits de carburant afin de les protéger des impacts créés par des débris de moteurs de toute taille.

Les systèmes embarqués de production de gaz inerte qui font actuellement l'objet de développements permettront d'améliorer encore la protection des réservoirs de carburant; ceci, ajouté aux autres avantages potentiels de protection qu'ils offriront, rendra leur utilisation intéressante. Par conséquent, le Groupe de Travail encourage fortement la poursuite des activités de recherche et de développement.

### (3) Poste de Pilotage et Cabine Passagers

Les risques d'incendie seraient fortement réduits si l'interdiction de fumer à bord faisait l'objet d'un règlement, suivi d'une stricte application. Il est encore peu probable que l'opinion publique accepte une action de cette nature; il importe donc de recourir à des mesures de protection importantes dans les zones à haut niveau de risque, telles que les toilettes. Ces dernières devraient être équipées de systèmes automatiques d'avertissement et d'extinction.

La quantité importante de matières combustibles transportées par les passagers, par exemple journaux, bagages à main, manteaux et boissons alcoolisées, constitue une source potentielle d'incendie non négligeable. Nous recommandons que soient sérieusement étudiées les possibilités de réduire ce risque, par exemple par l'aménagement à bord de compartiments spéciaux de rangement. En outre, certaines compagnies aériennes ont pour habitude d'utiliser de grandes quantités de matières plastiques dangereuses, pour le conditionnement de la nourriture et de la boisson; cette pratique doit être mise en question.

Les incendies en vol sont également provoqués par les installations électriques; la protection contre les courts-circuits, en particulier dans les systèmes d'air conditionné, nécessite une ré-évaluation; de même, les conséquences du vieillissement sur l'intégrité des circuits électriques demandent à être examinées. Il faudrait également envisager l'aménagement de trappes donnant accès aux zones, situées derrière les panneaux intérieurs, où se trouvent les câblages électriques, afin de permettre l'utilisation localisée d'un produit extincteur tel que le Halon 1301, comme moyen de secours en cas d'incendie.

Une mise au point et un contrôle appropriés du système d'air conditionné permettraient d'éviter une forte concentration de fumée dans le poste de pilotage; des efforts doivent être faits dans ce sens.

L'utilisation d'un système à oxygène sur les avions actuellement en service devrait faire l'objet d'une ré-évaluation immédiate; c'est là en effet un moyen d'accroître les chances de survie en cas d'invasion de la cabine par des fumées toxiques. Une procédure d'urgence standard est requise; il faut envisager d'une part la possibilité d'une intensification de l'incendie, d'autre part, une incapacité des passagers due à la toxicité de certains sous-produits de la combustion. C'est pourquoi le concept de masques individuels pour l'équipage et les passagers nécessite une attention immédiate, qu'il s'agisse d'incendies en vol ou consécutifs à un atterrissage accidentel. On pourrait envisager un masque à fonctions multiples qui pourrait être déconnecté du système d'oxygène de secours de l'avion pour permettre l'évacuation des passagers et, après déconnection, constituerait une réserve portative d'air pour une durée de 3 à 5 minutes. Outre ce dispositif, des matériaux capables de ralentir la propagation du feu d'une façon plus efficace que ceux utilisés actuellement devraient pouvoir être incorporés à l'aménagement intérieur des cabines qui, sans cela, seraient inacceptables du point de vue émission de produits toxiques. Tout en étant plus économiques, ces matériaux permettraient de neutraliser plus efficacement la menace d'embrasement.

A l'instar des circuits électriques qui se détériorent avec la durée d'utilisation, d'autres éléments non métalliques – systèmes d'oxygène, housses de sièges et autres aménagements intérieurs – peuvent, à la longue, devenir moins résistants au feu. Un programme de recherche devrait être poursuivi dans ce domaine.

## D. LES INCENDIES SUR LES AIRES DE PARKING

Ceux-ci se produisent généralement soit à la suite de défaillances survenant dans les circuits électriques, ou le train d'atterrissage, soit au cours des opérations de ravitaillement en carburant; cette dernière cause a été en grande partie

éliminée grâce à l'observance de critères appropriés de conception de circuits de carburant et de procédures de service et grâce à l'utilisation, dans de nombreux pays, d'un additif éliminateur de charge statique. Le Groupe de Travail approuve l'utilisation de cet additif dans les carburants pour avions. La majorité des incidents récemment survenus, au cours de ravitaillement au sol, sous l'influence de l'électricité statique, a porté sur des avions militaires dont les réservoirs d'essence contenaient de la mousse de polyuréthane polyester. De récentes enquêtes ont montré que l'impact direct de carburant sur ces matériaux de cloisonnage produit des décharges électriques localisées qui, dans des conditions favorables de mélange air-carburant, peuvent déclencher un processus de combustion interne. En raison de la protection contre les explosions qu'offrent ces matériaux de cloisonnage, ces incidents ont essentiellement donné lieu à des incendies internes, se soldant par de faibles dégâts. Il apparaît que l'on peut éliminer en grande partie ces incidents en modifiant les critères des orifices de remplissage et de la vitesse d'écoulement du carburant et en ajoutant au carburant un additif antistatique, suivant le type de mousse utilisé pour le cloisonnage. Ces mousses étant rarement utilisées pour le cloisonnage interne sur les avions de transport civil, ces derniers ne sont pas touchés par ce problème potentiel.

Cependant, les défaillances des pneus et des roues, qui peuvent entraîner des incendies alimentés par le système hydraulique peuvent provoquer des catastrophes plus graves, même si les services de lutte contre l'incendie basés au sol réagissent avec rapidité. Les problèmes liés à l'inflammabilité du fluide hydraulique et la réduction des défaillances des pneumatiques constituent des domaines où des recherches s'avèreraient utiles. On peut également suggérer, en tant que moyen de prévention d'incident, l'incorporation de senseurs destinés à surveiller la pression des pneus avant le décollage.

Il serait bon d'envisager, pour les avions laissés sans surveillance, des dispositifs portatifs automatiques de détection et d'extinction d'incendies de cabines afin d'éviter que des incendies d'importance relativement faible ne dégèrent et ne causent de graves dégâts.

#### E. INCENDIES DE SOUTES

Les incendies de soutes peuvent être provoqués par la présence de matériaux inflammables au conditionnement défectueux. Faute de mesures pratiques permettant de parer totalement à ce danger, il est nécessaire de fournir les moyens propres à maîtriser les incendies qui se déclarent et d'isoler les soutes. Dans l'étude des systèmes embarqués de production de gas inerte, il importe de ne pas omettre la protection des soutes.

#### F. LES ESSAIS

L'ensemble du dossier relatif à la sécurité des avions contre les incendies étant extrêmement satisfaisant, il apparaît que les essais très complets effectués jusqu'ici, certains à la suite d'accidents malheureux, ont porté leurs fruits. Une grande partie de ces essais appartenait à la catégorie des évaluations dans le domaine de l'ingénierie, c'est-à-dire qu'ils consistaient en recherches sur le problème des incendies dans des conditions spécifiques d'essais opérationnels d'un réalisme poussé. Bien qu'un certain nombre de méthodes d'essais dites "de laboratoire" aient évolué et soient dans de nombreux cas, essentielles au plan économique, un vaste fossé reste encore à combler en ce qui concerne l'aptitude à établir une concordance satisfaisante entre résultats d'essais ou de combinaison d'essais en laboratoire et scénario réel d'incendie. En conséquence, le Groupe de Travail suggère de passer en revue les différents types d'essais à la lumière des techniques modernes, tant théoriques qu'expérimentales, pour déterminer la possibilité de concevoir des essais plus appropriés.

- (1) Les essais eux-mêmes devraient être d'un caractère suffisamment fondamental pour permettre une description analytique des expériences. Si ce n'est pas le cas, il importe de modifier ces essais ou d'en imaginer de nouveaux.
- (2) Dans des limites pratiques de coûts, il conviendrait d'appliquer des méthodes expérimentales modernes pour obtenir non pas une valeur unique, mais un schéma de comportement; non seulement un paramètre "en bloc", mais une structure détaillée.
- (3) Il conviendrait de développer des modèles et techniques analytiques pour rattacher les résultats d'essais en laboratoire au problème à l'échelle réelle. La nature des essais et leur interprétation doivent être développés de concert. Les résultats d'essais en laboratoire devant fournir les données d'entrée nécessaires à l'analyse, ils ne peuvent faire l'objet d'un choix arbitraire. Il serait utile, en fait, d'analyser un problème de risque d'incendie et d'établir le type d'essai nécessaire en vue d'évaluations quantitatives et de comparaisons.
- (4) Les laboratoires gouvernementaux et les laboratoires industriels importants doivent continuer à développer des installations de simulation à grande échelle pour combler le fossé entre les essais de laboratoire à faible échelle et le problème à l'échelle réelle.
- (5) Toutes les fois qu'il est possible, les données résultant d'accidents et les essais à l'échelle réelle doivent être utilisés pour perfectionner les modèles analytiques et orienter le développement des essais de laboratoire. Dans cette perspective, la participation d'un "expert en schéma d'incendie" aux enquêtes sur les accidents d'avions est fortement recommandée pour procéder à l'analyse détaillée d'un scénario d'incendie ou de "non-incendie", suivant le cas, afin d'obtenir des données valables pour le développement de modèles et la conduite d'essais soit en laboratoire soit à l'échelle réelle.

(6) En ce qui concerne les sous-produits de la combustion et de la pyrolyse, les expériences sur animaux constituent la seule méthode adéquate permettant d'étudier la toxicité, malgré l'utilité des analyses chimiques. A cet égard, les essais, à l'échelle réelle ou réduite de moitié, relatifs à des scénarios d'incendie auxquels sont exposés des êtres humains, doivent toujours être menés sous une forme intégrée, de manière à obtenir des informations à la fois sur la réaction aux incendies et les chances de survie.

#### **G. SUITE A DONNER AU NIVEAU DE L'AGARD**

Dans la perspective des recommandations qui précèdent, le Groupe de Travail souscrit pleinement à un plan d'exécution favorisant une coopération internationale, car, dans de nombreux cas, la mise en oeuvre de méthodes porteuses d'avenir, une fois prouvée leur valeur au plan de l'ingénierie, nécessitera une coopération à l'échelon international.

Dans cette perspective, il est recommandé d'envisager sérieusement la constitution, sous l'égide de l'AGARD, d'un Panel sur la Sécurité des Systèmes. Un Panel sur la Sécurité, composé de représentants de diverses disciplines, permettrait d'aborder les problèmes considérés sous l'angle approprié d'une approche intégrée au plan de l'ingénierie, car la sécurité en matière d'incendie n'est qu'un des éléments de toute évaluation globale de la sécurité d'un système.

**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

<b>1. Recipient's Reference</b>	<b>2. Originator's Reference</b> AGARD-AR-132 Volume 1 ✓	<b>3. Further Reference</b> ISBN 92-835-0246-9	<b>4. Security Classification of Document</b>  UNCLASSIFIED						
<b>5. Originator</b>	Advisory Group for Aerospace Research and Development North Atlantic Treaty Organization 7 rue Ancelle, 92200 Neuilly sur Seine, France								
<b>6. Title</b>	AIRCRAFT FIRE SAFETY VOLUME 1: EXECUTIVE SUMMARY ✓								
<b>7. Presented at</b>									
<b>8. Author(s)/Editor(s)</b>  B.P. Botteri			<b>9. Date</b>  September 1979 ✓						
<b>10. Author's/Editor's Address</b>	AF Aero Propulsion Laboratory (AFSC) Fire Protection Branch Wright Patterson AFB Ohio 45433	<b>11. Pages</b>  18							
<b>12. Distribution Statement</b>	This document is distributed in accordance with AGARD policies and regulations, which are outlined on the Outside Back Covers of all AGARD publications.								
<b>13. Keywords/Descriptors</b>	<table border="0"> <tr> <td>Aircraft fires</td> <td>Fire hazards</td> </tr> <tr> <td>Aviation safety</td> <td>Fire safety</td> </tr> <tr> <td>Aviation accidents</td> <td></td> </tr> </table>			Aircraft fires	Fire hazards	Aviation safety	Fire safety	Aviation accidents	
Aircraft fires	Fire hazards								
Aviation safety	Fire safety								
Aviation accidents									
<b>14. Abstract</b>	<p>→ In 1976, the Propulsion and Energetics Panel of AGARD set up its Working Group 11 on "Aircraft Fire Safety". The findings and recommendations of Working Group 11 are collected in this Executive Summary which forms Volume 1 of the final Advisory Report of the Working Group. Volume 2 of the same publication contains the full report of the Working Group.</p> <p>Besides the various recommendations on technical and operational subjects a strong proposal is included for an international cooperative effort in the field of aircraft fire safety. ↗</p> <hr/> <p>En 1976, le Panel "Energétique et Propulsion" de l'AGARD créa le Groupe de Travail No. 11 sur "La Sécurité contre les Incendies d'Avions". Les conclusions et recommandations de ce Groupe de Travail sont rassemblées dans cet "Executive Summary" qui forme le Volume 1 de la version définitive du Rapport Consultatif du Groupe de Travail. Le Volume 2 de la même publication contient le rapport complet du Groupe de Travail.</p> <p>Outre diverses recommandations portant sur des points techniques et opérationnels, ce document propose avec vigueur que soit entrepris un effort de coopération à l'échelon international dans le domaine de la sécurité contre les incendies d'avions.</p>								

<p>AGARD Advisory Report No.132 - Volume 1 Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO AIRCRAFT FIRE SAFETY VOLUME 1: EXECUTIVE SUMMARY by B.P.Botteri Published September 1979 18 pages</p> <p>In 1976, the Propulsion and Energetics Panel of AGARD set up its Working Group 11 on "Aircraft Fire Safety". The findings and recommendations of Working Group 11 are collected in this Executive Summary which forms Volume 1 of the final Advisory Report of the Working Group. Volume 2 of the same publication contains the full report of the Working Group.</p> <p>P.T.O.</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>
<p>AGARD Advisory Report No.132 - Volume 1 Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO AIRCRAFT FIRE SAFETY VOLUME 1: EXECUTIVE SUMMARY by B.P.Botteri Published September 1979 18 pages</p> <p>In 1976, the Propulsion and Energetics Panel of AGARD set up its Working Group 11 on "Aircraft Fire Safety". The findings and recommendations of Working Group 11 are collected in this Executive Summary which forms Volume 1 of the final Advisory Report of the Working Group. Volume 2 of the same publication contains the full report of the Working Group.</p> <p>P.T.O.</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>
<p>AGARD Advisory Report No.132 - Volume 1 Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO AIRCRAFT FIRE SAFETY VOLUME 1: EXECUTIVE SUMMARY by B.P.Botteri Published September 1979 18 pages</p> <p>In 1976, the Propulsion and Energetics Panel of AGARD set up its Working Group 11 on "Aircraft Fire Safety". The findings and recommendations of Working Group 11 are collected in this Executive Summary which forms Volume 1 of the final Advisory Report of the Working Group. Volume 2 of the same publication contains the full report of the Working Group.</p> <p>P.T.O.</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>
<p>AGARD Advisory Report No.132 - Volume 1 Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO AIRCRAFT FIRE SAFETY VOLUME 1: EXECUTIVE SUMMARY by B.P.Botteri Published September 1979 18 pages</p> <p>In 1976, the Propulsion and Energetics Panel of AGARD set up its Working Group 11 on "Aircraft Fire Safety". The findings and recommendations of Working Group 11 are collected in this Executive Summary which forms Volume 1 of the final Advisory Report of the Working Group. Volume 2 of the same publication contains the full report of the Working Group.</p> <p>P.T.O.</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>	<p>AGARD-AR-132 Vol.1</p> <p>Aircraft fires Aviation safety Aviation accidents Fire hazards Fire safety</p>

Besides the various recommendations on technical and operational subjects a strong proposal is included for an international cooperative effort in the field of aircraft fire safety.

En 1976, le Panel "Energétique et Propulsion" de l'AGARD créa le Groupe de Travail No.11 sur "La Sécurité contre les Incendies d'Avions". Les conclusions et recommandations de ce Groupe de Travail sont rassemblées dans cet "Executive Summary" qui forme le Volume 1 de la version définitive du Rapport Consultatif du Groupe de Travail. Le Volume 2 de la même publication contient le rapport complet du Groupe de Travail.

Outre diverses recommandations portant sur des points techniques et opérationnels, ce document propose avec vigueur que soit entrepris un effort de coopération à l'échelon international dans le domaine de la sécurité contre les incendies d'avions.

ISBN 92-835-0246-9

Besides the various recommendations on technical and operational subjects a strong proposal is included for an international cooperative effort in the field of aircraft fire safety.

En 1976, le Panel "Energétique et Propulsion" de l'AGARD créa le Groupe de Travail No.11 sur "La Sécurité contre les Incendies d'Avions". Les conclusions et recommandations de ce Groupe de Travail sont rassemblées dans cet "Executive Summary" qui forme le Volume 1 de la version définitive du Rapport Consultatif du Groupe de Travail. Le Volume 2 de la même publication contient le rapport complet du Groupe de Travail.

Outre diverses recommandations portant sur des points techniques et opérationnels, ce document propose avec vigueur que soit entrepris un effort de coopération à l'échelon international dans le domaine de la sécurité contre les incendies d'avions.

ISBN 92-835-0246-9

Besides the various recommendations on technical and operational subjects a strong proposal is included for an international cooperative effort in the field of aircraft fire safety.

En 1976, le Panel "Energétique et Propulsion" de l'AGARD créa le Groupe de Travail No.11 sur "La Sécurité contre les Incendies d'Avions". Les conclusions et recommandations de ce Groupe de Travail sont rassemblées dans cet "Executive Summary" qui forme le Volume 1 de la version définitive du Rapport Consultatif du Groupe de Travail. Le Volume 2 de la même publication contient le rapport complet du Groupe de Travail.

Outre diverses recommandations portant sur des points techniques et opérationnels, ce document propose avec vigueur que soit entrepris un effort de coopération à l'échelon international dans le domaine de la sécurité contre les incendies d'avions.

ISBN 92-835-0246-9

Besides the various recommendations on technical and operational subjects a strong proposal is included for an international cooperative effort in the field of aircraft fire safety.

En 1976, le Panel "Energétique et Propulsion" de l'AGARD créa le Groupe de Travail No.11 sur "La Sécurité contre les Incendies d'Avions". Les conclusions et recommandations de ce Groupe de Travail sont rassemblées dans cet "Executive Summary" qui forme le Volume 1 de la version définitive du Rapport Consultatif du Groupe de Travail. Le Volume 2 de la même publication contient le rapport complet du Groupe de Travail.

Outre diverses recommandations portant sur des points techniques et opérationnels, ce document propose avec vigueur que soit entrepris un effort de coopération à l'échelon international dans le domaine de la sécurité contre les incendies d'avions.

ISBN 92-835-0246-9