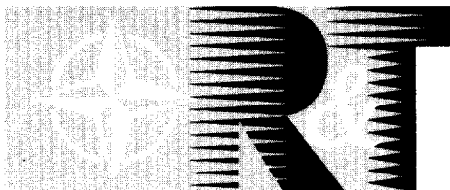


NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION



RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANIZATION

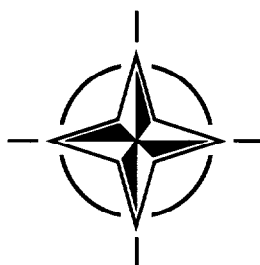
BP 25, 7 RUE ANCELLE, F-92201 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX, FRANCE

RTO MEETING PROCEEDINGS 24

Application of Damage Tolerance Principles for Improved Airworthiness of Rotorcraft

(l'Application des principes de la tolérance à
l'endommagement pour une meilleure aptitude au vol des
aéronefs à voilure tournante)

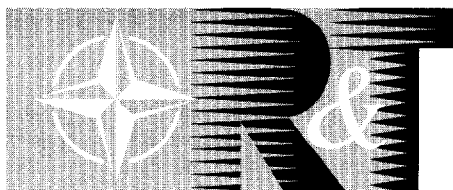
*Papers presented at the Specialists' Meeting of the RTO Applied Vehicle Technology Panel (AVT)
held in Corfu, Greece, 21-22 April 1999.*



Published February 2000

Distribution and Availability on Back Cover

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION



RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANIZATION

BP 25, 7 RUE ANCELLE, F-92201 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX, FRANCE

RTO MEETING PROCEEDINGS 24

**Application of Damage Tolerance Principles
for Improved Airworthiness of Rotorcraft**

(l'Application des principes de la tolérance à l'endommagement pour une
meilleure aptitude au vol des aéronefs à voilure tournante)

*Papers presented at the Specialists' Meeting of the RTO Applied Vehicle Technology Panel (AVT)
held in Corfu, Greece, 21-22 April 1999.*



The Research and Technology Organization (RTO) of NATO

RTO is the single focus in NATO for Defence Research and Technology activities. Its mission is to conduct and promote cooperative research and information exchange. The objective is to support the development and effective use of national defence research and technology and to meet the military needs of the Alliance, to maintain a technological lead, and to provide advice to NATO and national decision makers. The RTO performs its mission with the support of an extensive network of national experts. It also ensures effective coordination with other NATO bodies involved in R&T activities.

RTO reports both to the Military Committee of NATO and to the Conference of National Armament Directors. It comprises a Research and Technology Board (RTB) as the highest level of national representation and the Research and Technology Agency (RTA), a dedicated staff with its headquarters in Neuilly, near Paris, France. In order to facilitate contacts with the military users and other NATO activities, a small part of the RTA staff is located in NATO Headquarters in Brussels. The Brussels staff also coordinates RTO's cooperation with nations in Middle and Eastern Europe, to which RTO attaches particular importance especially as working together in the field of research is one of the more promising areas of initial cooperation.

The total spectrum of R&T activities is covered by 7 Panels, dealing with:

- SAS Studies, Analysis and Simulation
- SCI Systems Concepts and Integration
- SET Sensors and Electronics Technology
- IST Information Systems Technology
- AVT Applied Vehicle Technology
- HFM Human Factors and Medicine
- MSG Modelling and Simulation

These Panels are made up of national representatives as well as generally recognised 'world class' scientists. The Panels also provide a communication link to military users and other NATO bodies. RTO's scientific and technological work is carried out by Technical Teams, created for specific activities and with a specific duration. Such Technical Teams can organise workshops, symposia, field trials, lecture series and training courses. An important function of these Technical Teams is to ensure the continuity of the expert networks.

RTO builds upon earlier cooperation in defence research and technology as set-up under the Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD) and the Defence Research Group (DRG). AGARD and the DRG share common roots in that they were both established at the initiative of Dr Theodore von Kármán, a leading aerospace scientist, who early on recognised the importance of scientific support for the Allied Armed Forces. RTO is capitalising on these common roots in order to provide the Alliance and the NATO nations with a strong scientific and technological basis that will guarantee a solid base for the future.

The content of this publication has been reproduced directly from material supplied by RTO or the authors.



Printed on recycled paper

Published February 2000

Copyright © RTO/NATO 2000
All Rights Reserved

ISBN 92-837-1024-X



*Printed by Canada Communication Group Inc.
(A St. Joseph Corporation Company)
45 Sacré-Cœur Blvd., Hull (Québec), Canada K1A 0S7*

Application of Damage Tolerance Principles for Improved Airworthiness of Rotorcraft (RTO MP-24)

Executive Summary

Rotorcraft are essential to carry out critical military missions in various military scenarios. Their structure in general has been traditionally designed to safe-life principles with damage tolerance and fail-safe aspects for ballistic damage only. Today the variety of mission requirements inherent to the multipurpose military usage leads to extremely complicated flight and load envelopes. Fatigue design of structures and dynamic components is becoming a challenging task. Recent design approaches and regulatory efforts include alternative concepts based on damage tolerance principles, explicitly allowing for manufacturing or service induced flaws and defects. This is analog to fixed wing concept design principles and aims at benefits regarding operational safety, readiness and reduced life cycle costs. An examination of the present status of fatigue substantiation of rotorcraft components based on damage tolerant requirements revealed the need for further research, owing to specific load environment, usage cycles and structural design of rotorcraft.

The goal of the Specialists' Meeting was to offer a forum to present and discuss the applicability of this new design approach to major rotorcraft components such as the dynamic system, primary load carrying structures and flight control systems. Prerequisites and areas of further development were identified for the introduction of this alternative design concept. Furthermore the aim was to bring together operators, agencies and manufacturers in Europe and North America to address the specific needs and requirements of the military customers.

The meeting covered both metal and composite structures including special material related topics such as crack growth models and impact delamination modeling.

Due to a high number of withdrawals the disciplines involved in this task were not complete, and in particular there was an absence of experts from certification agencies and large fleet military operators which meant that this objective could not be fully met.

Certain presentations clearly showed that further progress on topics such as specific crack growth models, material allowables and thresholds together with load spectrum analysis and inspection technologies are vital to the successful application of damage tolerance principles, especially in the high load cycle regime of dynamic systems. Most of the major manufacturers concluded that at present the flaw tolerant "enhanced safe-life" methodology is more viable for these parts. However one paper presented experience using the slow crack growth method for both, dynamic system and structure.

The consensus was that operating loads or structural health monitoring systems could be used to establish usage spectrum data and support inspection intervals, if a "true" damage tolerant design for metallic structures were to be used in the future.

Besides the various pros and cons of the two design principles, discussions revealed additional topics such as the need to adapt material selections to the chosen design principle. Additional design efforts may lead to safe-life parts with damage tolerance features. There was also the requirement to reduce initial crack sizes compared with fixed wing structures. It was considered that steps should be made towards improved inspection techniques for cracks and flaws to enable the operation of rotorcraft without additional economic burden.

The overall subject of new design and certification requirements for rotorcraft will remain with manufacturers, users and certification and research agencies. It will certainly require continuous work and discussions throughout the community to further improve life management of rotorcraft in civil and military fleets. A common design and certification methodology for rotorcraft components would be one important step towards this goal.

L'application des principes de la tolérance à l'endommagement pour une meilleure aptitude au vol des aéronefs à voilure tournante

(RTO MP-24)

Synthèse

Les aéronefs à voilure tournante sont indispensables à l'exécution de certaines missions militaires décisives dans différents scénarios militaires. Traditionnellement, leur structure est conçue en conformité avec les principes de la sécurité par l'estimation de la vie, les mesures relatives à la tolérance à l'endommagement et à la sûreté intégrée ne s'appliquant qu'aux dommages balistiques. Aujourd'hui, le large éventail de missions assignées du fait d'une grande polyvalence dans leur utilisation militaire implique des domaines de vol et des configurations d'emport très compliqués. La conception des structures et des composants dynamiques en vue de leur résistance à la fatigue devient une tâche de plus en plus ardue. Les dernières approches conceptuelles et les derniers efforts réglementaires mettent en oeuvre des concepts alternatifs fondés sur les principes de la tolérance à l'endommagement, ce qui autorise, de façon explicite, des imperfections et des défauts au niveau de la fabrication ou du fait de l'emploi du matériel. Cette approche est analogue aux principes de conception des aéronefs à voilure fixe et vise à procurer des avantages en termes de sécurité opérationnelle, de disponibilité, ainsi qu'au niveau de la réduction du coût global de possession. Un examen de l'état actuel des connaissances dans le domaine de l'amélioration de la résistance contre la fatigue des composants des aéronefs à voilure tournante, fondé sur les exigences en matière de la tolérance à l'endommagement souligne le besoin d'entreprendre des travaux de recherche plus approfondis en raison des conditions d'emports, des cycles d'exploitation et de la construction spécifiques des aéronefs à voilure tournante.

La réunion de spécialistes a eu pour objectif de servir de forum pour la présentation et la discussion des possibilités d'application de cette nouvelle approche en matière de design conceptuelle aux principaux organes des aéronefs à voilure tournante tels que le système dynamique, les principales structures porteuses et les systèmes de commandes de vol. Les conditions préalables à l'adoption de cette variante de conception ont été identifiées, ainsi que des domaines de développement ultérieur. La réunion a eu également pour objectif de rassembler des exploitants, des agences et des fabricants européens et nord-américains pour examiner les besoins et exigences spécifiques des clients militaires.

La réunion a traité des structures métalliques et composites, y compris des sujets spécifiques relatifs aux matériaux, comme les modèles de propagation des fissures et la modélisation du délaminage à l'impact.

En raison du nombre élevé de personnes qui se sont désistées, l'ensemble des disciplines impliquées par cette étude n'ont pu être traitées, ainsi l'absence des spécialistes des agences de certification et des exploitants de grandes flottes d'avions militaires en particulier n'a pas permis d'atteindre tous les objectifs visés.

Certaines présentations ont montré très clairement qu'il est indispensable de faire avancer les connaissances dans certains domaines tels que la modélisation de la propagation des fissures, les domaines et les seuils de résistance des matériaux, l'analyse des spectres de charge et les technologies d'inspection afin d'assurer une mise en oeuvre réussie des principes de tolérance à l'endommagement, en particulier dans le cas d'une fréquence élevée des changements de configuration des systèmes dynamiques. La majorité des grands fabricants a conclu que pour le moment la méthodologie améliorée de sécurité par l'estimation de la vie, basée sur la tolérance des défauts demeure la méthodologie la plus viable pour ces éléments. Cependant, une communication a présenté l'expérience acquise en matière de mise en oeuvre de la méthode de propagation lente des fissures, tant pour le système dynamique que pour la structure.

De l'avis de tous, si une « véritable » conception en vue de la tolérance à l'endommagement était adoptée à l'avenir pour les structures métalliques, des charges d'exploitation et des systèmes d'inspection de l'état des structures pourraient être utilisés pour établir des données sur les domaines d'utilisation et les intervalles entre les visites d'inspection.

En dehors des différents avantages et inconvénients des deux principes de conception, les discussions qui ont eu lieu ont mis en lumière d'autres sujets tels que le besoin d'adapter les choix de matériaux au principe de conception retenu. Des travaux de recherche supplémentaires en matière de conception pourraient déboucher sur des structures conçues en conformité avec les principes de la sécurité par l'estimation de la vie, ayant des caractéristiques de tolérance à l'endommagement. Il y a lieu également de réduire les dimensions des fissures initiales par rapport aux structures des aéronefs à voilure fixe. Des mesures doivent être prises pour améliorer les techniques d'inspection en ce qui concerne les fissures et les imperfections afin de permettre l'exploitation d'aéronefs à voilure tournante sans coûts additionnels.

La question des nouvelles exigences en matière de conception et de certification des aéronefs à voilure tournante va rester un sujet de préoccupation pour les avionneurs, les exploitants et les agences de certification et de recherche. Il est clair que l'amélioration de la gestion du cycle de vie des aéronefs à voilure tournante des flottes militaires et civiles ne pourra être obtenue qu'au travers de discussions et d'efforts soutenus de la part de l'ensemble des acteurs impliqués. La définition d'une méthodologie de conception et de certification commune pour les composants des aéronefs à voilure tournante représenterait une étape décisive dans la réalisation de cet objectif.

Contents

	Page
Executive Summary	iii
Synthèse	iv
Theme/Thème	vii
Specialists' Meeting Programme Committee	viii
	Reference
Technical Evaluation Report by R.A. Everett, Jr.	T
General Keynote by P. Santini	K
SESSION I: MATERIAL DATA AND CRACK GROWTH MODELS FOR DT-APPROACHES OF HELICOPTER STRUCTURES	
The Significance of Small Cracks in Fatigue Design Concepts as Related to Rotorcraft Metallic Dynamic Components by R.A. Everett, Jr. and W. Elber	1
Paper 2 withdrawn	
The Development of a Robust Crack Growth Model for Rotorcraft Metallic Structures by R. Cook, P.C. Wood, S. Jenkins, D. Matthew, P. Irving, I. Austen and R. Buller	3
Material Allowables for High Cycle Fatigue in Gas Turbine Engines by T. Nicholas	4*
Damage Tolerance Characteristics of Composite Sandwich Structures by L. Lazzeri and U. Mariani	5
Damage Tolerance to Low Velocity Impact of Laminated Composites by G.A.O. Davies, D. Hitchings and X. Zhang	6
SESSION II: DESIGN APPLICATION OF DT-PRINCIPLES	
Application of Damage Tolerance to Increase Safety of Helicopters in Service by B.R. Krasnowski	7
AGUSTA Experience on Damage Tolerance Evaluation of Helicopter Components by U. Mariani and L. Candiani	8
Application of Damage Tolerance to the EH101 Airframe by D. Matthew	9

* This paper was not presented at the meeting.

Paper 10 withdrawn

Fatigue Substantiation and Damage Tolerance Evaluation of Fiber Composite Helicopter Components 11

by H. Bansemir and S. Emmerling

Rotorcraft Damage Tolerance Evaluated by Computational Simulation 12

by C.C. Chamis, L. Minnetyan and F. Abdi

SESSION III: OPERATOR EXPERIENCE AND CERTIFICATION ISSUES

The US Navy's Helicopter Integrated Diagnostics System (HIDS) Program: Power Drive Train Crack Detection Diagnostics and Prognostics, Life Usage Monitoring, and Damage Tolerance; Techniques, Methodologies, and Experiences 13*

by A. Hess, W. Hardman, H. Chin and J. Gill

Flaw Tolerant Safe-Life Methodology 14

by D.O. Adams

Damage Tolerance Applied on Metallic Components 15

by T. Marquet and A. Struzik

Paper 16 withdrawn

Strategies for Ensuring Rotorcraft Structural Integrity 17*

by R.G. Eastin

Treatment of High-Cycle Vibratory Stress in Rotorcraft Damage Tolerance Design 18

by J.W. Lincoln and H.C. Yeh

* This paper was not presented at the meeting.

Theme

Rotorcraft are essential for carrying out critical military missions, following extremely demanding flight envelopes. Determining manoeuvre and vibration loads, establishing usage spectra and designing structural and system components with respect to fatigue requirements is highly complex. Recent design approaches and regulatory efforts permit more general application of damage tolerance principles, which explicitly allows for manufacturing or service induced flaws and defects. This concept has been demonstrated for fixed wing A/C in the past and can bring about considerable benefits with regard to operational safety and readiness and life cycle cost. The review of the present status indicated a need for considerable further work on loads and spectrum generation, determination of material data i.e. crack growth data for small cracks and in the near threshold regime, stress intensity solutions for typical design geometry, determination of suitable inspection methods and intervals, implementation of HUMS (Helicopter Usage Monitoring Systems) and its link to lifing algorithms and certification aspects.

The meeting will offer a forum to the NATO nations to discuss the applicability and further development of this design approach especially for rotorcraft. Components from the dynamic system, the primary load-carrying structure, transmission and flight control systems and more will be addressed. Prerequisites, databases and suitable analytical tools and areas of further development will be addressed and progress necessary for application will be identified. The RTO provides a unique forum, bringing together all major manufacturers, operators, agencies and research institutes in Europe and North America to address the specific needs and requirements of the military customers. Arriving at a common design and certification methodology for rotorcraft components is the longer term goal of this activity.

Thème

Pour l'exécution de missions militaires délicates dans des domaines de vol très exigeants les aéronefs à voilure tournante sont indispensables. Mais il est très difficile de déterminer les charges de manoeuvre et de vibration, d'établir l'éventail des utilisations possibles et de concevoir les composants de systèmes et de structures en fonction des critères de résistance à la fatigue.

Grâce aux approches conceptuelles récentes et aux efforts entrepris dans le domaine des règlements, les principes de tolérance à l'endommagement sont appliqués de façon plus générale en tenant compte, de façon explicite, des imperfections et des défauts de fabrication ou de service. Dans le passé, ce concept a été démontré pour les aéronefs à voilure fixe. Il peut entraîner des améliorations considérables dans les domaines de la sécurité, de la disponibilité opérationnelle, et du coût global de possession.

L'examen de la situation actuelle a fait ressortir un besoin urgent pour des travaux sur l'origine des charges, sur l'éventail des utilisations, sur le recueil des données sur les matériaux c'est à dire sur la propagation des fissures pour les petites criques et en régime proche du seuil critique, sur des solutions concernant l'intensité des contraintes pour des configurations géométriques caractéristiques, sur la détermination de méthodes avec des intervalles d'inspection appropriées, sur la mise en oeuvre du HUMS (Systèmes de contrôle du vieillissement des hélicoptères) et ses liens avec les algorithmes de gestion du cycle de vie, ainsi que sur les aspects liés à la certification.

La réunion servira de forum aux membres des pays de l'OTAN pour aborder les problèmes liés l'applicabilité et au développement ultérieur de cette approche de la conception, en particulier pour les aéronefs à voilure tournante. Ces éléments du système dynamique, de la structure porteuse principale, des systèmes de transmission et des systèmes de commande de vol. Les conditions préalables, les bases de données, les outils analytiques adaptés et les domaines de développement futurs seront traités, ainsi que les progrès à réaliser pour procéder aux applications.

En permettant le rassemblement de tous les grands fabricants, exploitants, agences et instituts de recherche de l'Europe et de l'Amérique du Nord, pour examiner les besoins spécifiques des utilisateurs militaires, la RTO fournit un forum unique. L'objectif à long terme est de pouvoir définir une méthodologie commune de conception et de certification pour les composants des aéronefs à voilure tournante.

Specialists' Meeting Programme Committee

Programme Committee Chairman

Dipl.-Ing. G. Günther
Daimler-Benz Aerospace LMT 22
Postfach 80 11 60
81663 Munich, Germany

BELGIUM

Prof. Dr. J. Vantomme
Royal Military Academy (RMA)
Department of Civil Engineering
Avenue de la Renaissance, 30
B-1040 Brussels

CANADA

Mr. D. Simpson
Chief, Structures & Materials Lab.
Inst. For Aerospace Research, NRC
Montreal Road
Ottawa, Ontario K1A 0R6

FRANCE

I.P.A. P. Armando
Adj. Chef Dept. Etudes Générales
et Matériaux, DCAe/STPA
4, Av. Porte d'Issy
00460 ARMEES

Mr. Y. Barbaux
Chef Service Matériaux Métalliques
Aérospatiale
Centre de Recherches Louis Blériot
12, rue Pasteur, B.P. 76
92152 Suresnes Cedex

Mr. T. Marquet
EUROCOPTER
(E/T-MC)
13725 Marignane Cedex

ITALY

Prof. A. Salvetti
Universita'di Pisa
Dipartimento di Ingeneria Aerospaziale
Via Diotisalvi, 2
56126 Pisa

NETHERLANDS

Ir. H. Ottens
Head of Structures Department
National Aerospace Laboratory-NLR
P.O. Box 153
8300 AD Emmerloord

SPAIN

Mr. R. Servent
Div. de Estructuras y Materiales
Laboratorio de Diseno y Analisis
Estructural - INTA
Carretera Torrejón Ajalvir, Km.4
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

REPORT DOCUMENTATION PAGE																							
1. Recipient's Reference	2. Originator's References RTO-MP-24 AC/323(AVT)TP/12	3. Further Reference ISBN 92-837-1024-X	4. Security Classification of Document UNCLASSIFIED/ UNLIMITED																				
5. Originator	Research and Technology Organization North Atlantic Treaty Organization BP 25, 7 rue Ancelle, F-92201 Neuilly-sur-Seine Cedex, France																						
6. Title	Application of Damage Tolerance Principles for Improved Airworthiness of Rotorcraft																						
7. Presented at/sponsored by	the Applied Vehicle Technology Panel (AVT) Specialists' Meeting held in Corfu, Greece, 21-22 April 1999.																						
8. Author(s)/Editor(s) Multiple			9. Date February 2000																				
10. Author's/Editor's Address Multiple			11. Pages 202																				
12. Distribution Statement	There are no restrictions on the distribution of this document. Information about the availability of this and other RTO unclassified publications is given on the back cover.																						
13. Keywords/Descriptors	<table border="0"> <tbody> <tr> <td>Rotary wing aircraft</td> <td>Systems engineering</td> </tr> <tr> <td>Helicopters</td> <td>Crack propagation</td> </tr> <tr> <td>Airworthiness</td> <td>Loads (forces)</td> </tr> <tr> <td>Damage</td> <td>Delaminating</td> </tr> <tr> <td>Tolerances (mechanics)</td> <td>Equipment health monitoring</td> </tr> <tr> <td>Service life</td> <td>Structures</td> </tr> <tr> <td>Safety</td> <td>Metals</td> </tr> <tr> <td>Fatigue (materials)</td> <td>Composite structures</td> </tr> <tr> <td>Design</td> <td>Composite materials</td> </tr> <tr> <td>Flight control</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Rotary wing aircraft	Systems engineering	Helicopters	Crack propagation	Airworthiness	Loads (forces)	Damage	Delaminating	Tolerances (mechanics)	Equipment health monitoring	Service life	Structures	Safety	Metals	Fatigue (materials)	Composite structures	Design	Composite materials	Flight control	
Rotary wing aircraft	Systems engineering																						
Helicopters	Crack propagation																						
Airworthiness	Loads (forces)																						
Damage	Delaminating																						
Tolerances (mechanics)	Equipment health monitoring																						
Service life	Structures																						
Safety	Metals																						
Fatigue (materials)	Composite structures																						
Design	Composite materials																						
Flight control																							
14. Abstract	The Specialists' Meeting dealt with Aging Systems and more specifically Application of Damage Tolerance Principles for Improved Airworthiness of Rotorcraft. These proceedings include a Keynote Address and fifteen papers having the objective of discussing and presenting the applicability of the new design approach to major rotorcraft components such as the dynamic system, primary load carrying structures and flight control systems. Both metal and composite structures including special material related topics such as crack growth models and delamination modelling were examined. There were three sessions covering the following topics: — Material Data and Crack Growth Models for DT-Approaches of Helicopter Structures — Design Application of DT-Principles — Operator Experience and Certification Issues A Technical Evaluation Report of this meeting is also included.																						



RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANIZATION

BP 25 • 7 RUE ANCELLE

F-92201 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX • FRANCE

Télécopie 0(1)55.61.22.99 • E-mail mailbox@rta.nato.int

DIFFUSION DES PUBLICATIONS

RTO NON CLASSIFIEES

L'Organisation pour la recherche et la technologie de l'OTAN (RTO), détient un stock limité de certaines de ses publications récentes, ainsi que de celles de l'ancien AGARD (Groupe consultatif pour la recherche et les réalisations aérospatiales de l'OTAN). Celles-ci pourront éventuellement être obtenues sous forme de copie papier. Pour de plus amples renseignements concernant l'achat de ces ouvrages, adressez-vous par lettre ou par télécopie à l'adresse indiquée ci-dessus. Veuillez ne pas téléphoner.

Des exemplaires supplémentaires peuvent parfois être obtenus auprès des centres nationaux de distribution indiqués ci-dessous. Si vous souhaitez recevoir toutes les publications de la RTO, ou simplement celles qui concernent certains Panels, vous pouvez demander d'être inclus sur la liste d'envoi de l'un de ces centres.

Les publications de la RTO et de l'AGARD sont en vente auprès des agences de vente indiquées ci-dessous, sous forme de photocopie ou de microfiche. Certains originaux peuvent également être obtenus auprès de CASI.

CENTRES DE DIFFUSION NATIONAUX

ALLEMAGNE

Streitkräfteamt / Abteilung III
Fachinformationszentrum der
Bundeswehr, (FIZBW)
Friedrich-Ebert-Allee 34
D-53113 Bonn

BELGIQUE

Coordinateur RTO - VSL/RTO
Etat-Major de la Force Aérienne
Quartier Reine Elisabeth
Rue d'Evère, B-1140 Bruxelles

CANADA

Directeur - Recherche et développement -
Communications et gestion de
l'information - DRDCGI 3
Ministère de la Défense nationale
Ottawa, Ontario K1A 0K2

DANEMARK

Danish Defence Research Establishment
Ryvangs Allé 1, P.O. Box 2715
DK-2100 Copenhagen Ø

ESPAGNE

INTA (RTO/AGARD Publications)
Carretera de Torrejón a Ajalvir, Pk.4
28850 Torrejón de Ardoz - Madrid

ETATS-UNIS

NASA Center for AeroSpace
Information (CASI)
Parkway Center
7121 Standard Drive
Hanover, MD 21076-1320

FRANCE

O.N.E.R.A. (ISP)
29, Avenue de la Division Leclerc
BP 72, 92322 Châtillon Cedex

GRECE (Correspondant)

Defence Industry Research &
Technology General Directorate/
Technological Research &
Technology Directorate
Dim. Soutsou 40 str.
GR-11521, Athens

HONGRIE

Department for Scientific
Analysis
Institute of Military Technology
Ministry of Defence
H-1525 Budapest P O Box 26

ISLANDE

Director of Aviation
c/o Flugrad
Reykjavik

ITALIE

Centro documentazione
tecnico-scientifica della Difesa
Via Marsala 104
00185 Roma

LUXEMBOURG

Voir Belgique

NORVEGE

Norwegian Defence Research
Establishment
Attn: Biblioteket
P.O. Box 25, NO-2007 Kjeller

PAYS-BAS

NDRCC
DGM/DWOO
P.O. Box 20701
2500 ES Den Haag

POLOGNE

Chief of International Cooperation
Division
Research & Development Department
218 Niepodleglosci Av.
00-911 Warsaw

PORTUGAL

Estado Maior da Força Aérea
SDFA - Centro de Documentação
Alfragide
P-2720 Amadora

REPUBLIQUE TCHEQUE

VTÚL a PVO Praha /
Air Force Research Institute Prague
Národní informační středisko
obraného výzkumu (NISČR)
Mladoboleslavská ul., 197 06 Praha 9

ROYAUME-UNI

Defence Research Information Centre
Kentigern House
65 Brown Street
Glasgow G2 8EX

TURQUIE

Millî Savunma Başkanlığı (MSB)
ARGE Dairesi Başkanlığı (MSB)
06650 Bakanlıklar - Ankara

AGENCES DE VENTE

NASA Center for AeroSpace
Information (CASI)
Parkway Center
7121 Standard Drive
Hanover, MD 21076-1320
Etats-Unis

The British Library Document
Supply Centre
Boston Spa, Wetherby
West Yorkshire LS23 7BQ
Royaume-Uni

Canada Institute for Scientific and
Technical Information (CISTI)
National Research Council
Document Delivery
Montreal Road, Building M-55
Ottawa K1A 0S2, Canada

Les demandes de documents RTO ou AGARD doivent comporter la dénomination "RTO" ou "AGARD" selon le cas, suivie du numéro de série (par exemple AGARD-AG-315). Des informations analogues, telles que le titre et la date de publication sont souhaitables. Des références bibliographiques complètes ainsi que des résumés des publications RTO et AGARD figurent dans les journaux suivants:

Scientific and Technical Aerospace Reports (STAR)

STAR peut être consulté en ligne au localisateur de
ressources uniformes (URL) suivant:
<http://www.sti.nasa.gov/Pubs/star/Star.html>
STAR est édité par CASI dans le cadre du programme
NASA d'information scientifique et technique (STI)
STI Program Office, MS 157A
NASA Langley Research Center
Hampton, Virginia 23681-0001
Etats-Unis

Government Reports Announcements & Index (GRA&I)

publié par le National Technical Information Service
Springfield
Virginia 2216
Etats-Unis
(accessible également en mode interactif dans la base de
données bibliographiques en ligne du NTIS, et sur CD-ROM)





RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANIZATION

BP 25 • 7 RUE ANCELLE

F-92201 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX • FRANCE

Telefax 0(1)55.61.22.99 • E-mail mailbox@rta.nato.int

DISTRIBUTION OF UNCLASSIFIED
RTO PUBLICATIONS

NATO's Research and Technology Organization (RTO) holds limited quantities of some of its recent publications and those of the former AGARD (Advisory Group for Aerospace Research & Development of NATO), and these may be available for purchase in hard copy form. For more information, write or send a telefax to the address given above. **Please do not telephone.**

Further copies are sometimes available from the National Distribution Centres listed below. If you wish to receive all RTO publications, or just those relating to one or more specific RTO Panels, they may be willing to include you (or your organisation) in their distribution.

RTO and AGARD publications may be purchased from the Sales Agencies listed below, in photocopy or microfiche form. Original copies of some publications may be available from CASI.

NATIONAL DISTRIBUTION CENTRES

BELGIUM

Coordinateur RTO - VSL/RTO
Etat-Major de la Force Aérienne
Quartier Reine Elisabeth
Rue d'Evère, B-1140 Bruxelles

CANADA

Director Research & Development
Communications & Information
Management - DRDCIM 3
Dept of National Defence
Ottawa, Ontario K1A 0K2

CZECH REPUBLIC

VTÚL a PVO Praha /
Air Force Research Institute Prague
Národní informační středisko
obraného výzkumu (NISCR)
Mladoboleslavská ul., 197 06 Praha 9

DENMARK

Danish Defence Research
Establishment
Ryvangs Allé 1, P.O. Box 2715
DK-2100 Copenhagen Ø

FRANCE

O.N.E.R.A. (ISP)
29 Avenue de la Division Leclerc
BP 72, 92322 Châtillon Cedex

GERMANY

Streitkräfteamt / Abteilung III
Fachinformationszentrum der
Bundswehr, (FIZBw)
Friedrich-Ebert-Allee 34
D-53113 Bonn

GREECE (Point of Contact)

Defence Industry Research &
Technology General Directorate/
Technological Research &
Technology Directorate
Dim. Soutsou 40 str.
GR-11521, Athens

HUNGARY

Department for Scientific
Analysis
Institute of Military Technology
Ministry of Defence
H-1525 Budapest P O Box 26

ICELAND

Director of Aviation
c/o Flugrad
Reykjavik

ITALY

Centro documentazione
tecnico-scientifica della Difesa
Via Marsala 104
00185 Roma

LUXEMBOURG

See Belgium

NETHERLANDS

NRCC
DGM/DWOO
P.O. Box 20701
2500 ES Den Haag

NORWAY

Norwegian Defence Research
Establishment
Attn: Biblioteket
P.O. Box 25, NO-2007 Kjeller

POLAND

Chief of International Cooperation
Division
Research & Development
Department
218 Niepodleglosci Av.
00-911 Warsaw

PORTUGAL

Estado Maior da Força Aérea
SDFA - Centro de Documentação
Alfragide
P-2720 Amadora

SPAIN

INTA (RTO/AGARD Publications)
Carretera de Torrejón a Ajalvir, Pk.4
28850 Torrejón de Ardoz - Madrid

TURKEY

Millî Savunma Başkanlığı (MSB)
ARGE Dairesi Başkanlığı (MSB)
06650 Bakanlıklar - Ankara

UNITED KINGDOM

Defence Research Information
Centre
Kentigern House
65 Brown Street
Glasgow G2 8EX

UNITED STATES

NASA Center for AeroSpace
Information (CASI)
Parkway Center
7121 Standard Drive
Hanover, MD 21076-1320

SALES AGENCIES

**NASA Center for AeroSpace
Information (CASI)**

Parkway Center
7121 Standard Drive
Hanover, MD 21076-1320
United States

**The British Library Document
Supply Centre**

Boston Spa, Wetherby
West Yorkshire LS23 7BQ
United Kingdom

**Canada Institute for Scientific and
Technical Information (CISTI)**

National Research Council
Document Delivery
Montreal Road, Building M-55
Ottawa K1A 0S2, Canada

Requests for RTO or AGARD documents should include the word 'RTO' or 'AGARD', as appropriate, followed by the serial number (for example AGARD-AG-315). Collateral information such as title and publication date is desirable. Full bibliographical references and abstracts of RTO and AGARD publications are given in the following journals:

Scientific and Technical Aerospace Reports (STAR)

STAR is available on-line at the following uniform resource locator:

<http://www.sti.nasa.gov/Pubs/star/Star.html>

STAR is published by CASI for the NASA Scientific and Technical Information (STI) Program
STI Program Office, MS 157A
NASA Langley Research Center
Hampton, Virginia 23681-0001
United States

Government Reports Announcements & Index (GRA&I)

published by the National Technical Information Service
Springfield
Virginia 22161
United States
(also available online in the NTIS Bibliographic Database or on CD-ROM)



Printed by Canada Communication Group Inc.
(A St. Joseph Corporation Company)
45 Sacré-Cœur Blvd., Hull (Québec), Canada K1A 0S7