RTO-MP-086
AC/323(HFM-085)TP/42

RTO-MP-086

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANISATION

RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANISATION

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

RTO MEETING PROCEEDINGS 86

Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures

(Désorientation spatiale dans les véhicules militaires: causes, conséquences et remèdes)

Papers presented at the RTO Human Factors and Medicine Panel (HFM) Symposium held in La Coruña, Spain, 15-17 April 2002.

Published February 2003

Distribution and Availability on Back Cover

This page has been deliberately left blank

Page intentionnellement blanche

RTO-MP-086
AC/323(HFM-085)TP/42

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANISATION

RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANISATION
BP 25, 7 RUE ANCELLE, F-92201 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX, FRANCE

RTO MEETING PROCEEDINGS 86

Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures

(Désorientation spatiale dans les véhicules militaires: causes, conséquences et remèdes)

Papers presented at the RTO Human Factors and Medicine Panel (HFM) Symposium held in La Coruña, Spain, 15-17 April 2002.

The Research and Technology Organisation (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 the following 7 bodies:

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

These bodies are made up of national representatives as well as generally recognised 'world class' scientists. They 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.

Published February 2003

ISBN 92-837-0028-7

Printed by St. Joseph Print Group Inc.
(A St. Joseph Corporation Company)
1165 Kenaston Street, Ottawa, Ontario, Canada K1G 6S1

Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures

(RTO MP-086 / HFM-085)

Executive Summary

Spatial disorientation (SD) is a condition characterised by the failure of the operator to sense correctly the position attitude or motion of the vehicle, or of him/herself, within a fixed co-ordinate system provided by the surface of the earth and the gravitational vertical. SD has afflicted pilots since the early days of powered flight, yet despite an understanding of the causes of SD, improvements in the display of information on spatial orientation and greater emphasis on SD training, accidents primarily attributable to SD continue to occur. In contrast to the overall accident rate, which has fallen progressively over the past 30 years, the SD accident rate has remained more or less constant for the last 15 years. This would appear to be due, at least in part, to the introduction of new technologies, such as Night Vision Goggles, that have allowed operations in environments which previously were not possible. In view of the apparent lack of progress in combating SD and the continuing loss of life and aircraft, the Human Factors and Medicine Panel (HFM) considered it to be timely for the topic of SD to be revisited in the light of emerging techniques and technologies which might have application not only to SD in flight but also to other military environments. The resulting Symposium, entitled 'Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures', was held in La Coruña, Spain, on 15-17 April, 2002, at which 1 keynote, 32 oral and 14 poster presentations were made.

Despite the wide-ranging scope of the call for papers relating to SD in land, sea and air operations, the greater proportion of the papers dealt with SD in flight. Results of questionnaire surveys in four countries confirmed the ubiquity of SD incidents in military aviation and showed the importance of visual illusions, distraction and lack of crew co-ordination, in addition to the well recognised vestibular illusions, as causal factors. This information is of value both in training and in the understanding of accidents in which SD may be implicated. Eight papers reviewed the SD training of aircrew. The use of some form of ground-based rotatory device to demonstrate various illusions is common practice, but there would appear to be benefit in the use of a full-mission, motion-based simulator to demonstrate realistically SD scenarios.

SD during and following combat manoeuvres in an agile aircraft is postulated but, as yet, not documented. Centrifuge simulations in which aviators were exposed to changes in bodily orientation during $+G_z$ load, or to transient $+G_z/G_y$ or $+G_z/G_x$ stimuli, revealed large individual differences in the sensations and in the intensity of disorientation evoked. Further work is required to identify population norms and for comparison to be made with observations in flight, where an increased $+G_z$ acceleration is associated with lower angular rates and lower Coriolis accelerations than in a centrifuge.

The most important advance of recent years with the potential to combat SD has been the use of tactile stimuli to give information on spatial orientation. The value of the Tactile Situation Awareness System (TSAS) (developed by the US Navy) has been shown to reduce errors in maintaining hover, in both actual and simulated helicopter flight, when TSAS was active and that the system reduced subjective workload. It was also shown to be effective in cueing TF climb/dive commands, tactical lateral steering and flight director guidance, and location of threats. Other simulator experiments have demonstrated the benefit of a tactile display in countering the decrement in performance in the hover that occurred when the pilot's workload was increased by a secondary task. These experiments substantiated the claim that tactile cues are 'intuitive' and are processed at a low level within the central nervous system and do not make claim on higher level resources. TSAS coupled to a GPS receiver has been shown to aid Special Tactics forces by indicating cross-track and glide slope errors during parachute descent, and, when on the ground, deviation from a pre-determined course and proximity to a designated way-point. Tactile navigation cues have also been successfully employed by divers and pilots of high speed insertion craft to indicate deviation from track or of a craft's heading from that required to reach a target way-point.

Prevention of SD by the use of a system to monitor a pilot's functional state in order to detect any performance decrement was described. The proposed system would provide 'cognitive assistance' to the pilot and, if necessary, take over partial or full control of the aircraft if the pilot was incapacitated or flight safety compromised. The system is inchoate insofar as it has yet to be implemented in hardware. A number of laboratory experiments on visual displays and on perception of orientation of the visual vertical were presented. These were without immediate practical application but they have some relevance to the design of new head-mounted and cockpit displays.

The two descriptions of disorientation in land vehicles dealt with rarely encountered conditions, one a phobic postural vertigo of motor car drivers, the other an effect of the vibration and cyclical accelerations experienced by racing drivers. Difficulties of orientation and escape from the inverted hull of a rigid inflatable craft (RIC) identified the need for escape training comparable to that performed by helicopter crews.

Désorientation spatiale dans les véhicules militaires: causes, conséquences et remèdes

(RTO MP-086 / HFM-085)

Synthèse

La désorientation spatiale (DS) se caractérise, pour l'opérateur, par une incapacité à appréhender sa position, son attitude et sa trajectoire ou celles d'un véhicule, à l'intérieur d'un système de coordonnées fixes, déterminé par la surface de la terre et la verticale gravitationnelle. Depuis les premiers vols propulsés, les pilotes ont été affectés par la DS. Ses causes sont connues, des progrès ont été faits dans la distribution des informations et une plus grande importance a été accordée à l'entraînement DS et pourtant elle demeure encore la cause de nombreux accidents. Alors que le taux global d'accidents a progressivement diminué depuis 30 ans, celui lié à la DS est resté plus ou moins constant au cours des 15 dernières années. Une des raisons de ce niveau élevé pourrait être l'introduction de nouvelles technologies, telles que les lunettes de vision nocturne, qui permettent d'effectuer des missions dans des environnements inaccessibles auparavant. En raison de cette stagnation apparente dans la lutte contre la DS qui continue à entraîner des pertes d'avions et de vies humaines, la commission sur les facteurs humains et la médecine (HFM) a jugé opportun de réexaminer le sujet de la DS, à la lumière des nouvelles techniques et technologies qui pourraient être appliquées non seulement à la DS en vol, mais aussi à d'autres environnements militaires. Il a donc été décidé d'organiser à La Corogne, en Espagne, du 15 au 17 avril 2002 un Symposium intitulé « La désorientation spatiale dans les véhicules militaires : Causes, conséquences et remèdes » avec 32 présentations orales et 14 séances d'affiches.

Malgré le large domaine offert lors de l'appel aux textes de conférence, (opérations terrestres, maritimes et aériennes), l'essentiel des communications a porté sur la DS en vol. Les résultats de questionnaires distribués dans quatre pays ont confirmé la permanence des incidents DS dans l'aviation militaire et ont démontré que les causes principales étaient les illusions visuelles, le manque d'attention et d'éventuelle coordination entre membres d'équipage, en plus des illusions vestibulaires bien connues. Ces informations sont importantes tant pour l'entraînement que pour la compréhension d'accidents impliquant la DS. Huit communications portaient sur l'entraînement DS des équipages. L'utilisation au sol de dispositifs en rotation pour démontrer les différentes types d'illusions est maintenant généralisée, mais la mise en œuvre, pour une démonstration réaliste de scénarios DS, d'un simulateur avec système de mouvement pour la simulation intégrale des missions semble intéressante.

Pour les avions de combat très manœuvrants, l'impact de la DS pendant et après les phases de combat est parfaitement admise mais encore mal documentée. Des simulations en centrifugeuse avec des pilotes soumis à des changements d'orientation corporelle à $+G_z$, et à des stimuli transitoires à $+G_z/G_y$ ou à $+G_z/G_x$, ont révélé de grandes différences entre les individus en matière de sensation et d'intensité de désorientation. Des travaux supplémentaires sont maintenant nécessaires pour identifier les normes de chaque type d'individus. Il sera possible de les comparer avec les observations effectuées en vol, où l'augmentation des accélérations +Gz est associée à des vitesses angulaires moins élevées, ainsi qu'à des accélérations Coriolis moins fortes qu'en centrifugeuse.

L'avancée la plus importante enregistrée au cours des dernières années dans la lutte contre la DS a été l'emploi de stimuli tactiles pour donner des informations sur la désorientation spatiale. L'intérêt du Système Tactile de Conscience de la Situation (TSAS) (développé par l'US NAVY) a été démontré. Lorsque ce système est actif, on observe une réduction d'erreurs de maintien de vol stationnaire, tant en vol réel que simulé. En plus, le système a permis de réduire la charge de travail subjectif. Son efficacité a également été démontrée pour la signalisation des commandes piqué/cabré, le pilotage latéral tactique, le guidage du système central de vol, et la localisation de la menace. D'autres expériences en simulateur ont démontré les avantages du visuel tactile, qui permet de compenser, en vol stationnaire, la baisse de performances entraînée par l'augmentation, par des tâches secondaires, de la charge de travail du pilote. Ces expériences ont confirmé que la signalisation tactile est « intuitive », qu'elle est traitée à un niveau inférieur du système nerveux et qu'elle ne sollicite pas des ressources de niveau supérieur. L'intérêt pour les Forces Tactiques Spéciales d'un TSAS associé à un récepteur GPS a aussi été souligné. Il permet d'indiquer d'éventuelles erreurs de position transversale et d'alignement de descente lors du parachutage, et une fois au sol des écarts par rapport à la route prévue à proximité d'un point de cheminement désigné. Les systèmes tactiles de navigation ont également été utilisés avec succès par des plongeurs et des pilotes de vedettes rapides pour indiquer des écarts d'itinéraire ou de cap pour se rendre à un point donné.

La prévention de la DS grâce à un système permettant de contrôler l'aptitude opérationnelle du pilote afin de détecter toute dégradation des performances a été décrite. Le système proposé pourrait fournir de « l'assistance cognitive » au pilote et, le cas échéant, prendre le contrôle partiel ou total de l'avion au cas où le pilote serait frappé d'incapacité soudaine ou lorsque la sécurité du vol serait compromise. Le système est incomplet dans la mesure où la réalisation matérielle reste à faire. Un certain nombre d'expériences de laboratoire sur des dispositifs de visualisation, ainsi que sur l'orientation de la verticale visuelle ont été présentées. Si celles-ci n'ont pas d'application pratique immédiate, elles paraissent adaptées pour la conception des nouveaux visuels de casque et les écrans du poste de pilotage.

Les deux descriptions de la désorientation dans les véhicules terrestres ont porté sur des conditions rarement rencontrées, à savoir le vertige postural phobique chez les conducteurs de voiture, et les effets des vibrations et des accélérations cycliques subies par les pilotes de course. Les difficultés rencontrées en cas de retournement de radeaux de sauvetage rigides (RIC) pour s'orienter sous les coques rigides et pouvoir évacuer, ont mis en exergue un besoin d'entraînement à l'évacuation comparable à l'entraînement des équipages d'hélicoptère.

Click inside the blue boxes or on the titles to view the corresponding section

(except for items marked in red, which were not available at the time of production)

Contents

† Poster not available at the time of production.

† Poster not available at the time of production.

Human Factors and Medicine Panel

Chairman:

Col. Willem TIELEMANS, MD
RNLAF/SGO
P.O. Box 20703
Binckhorstlaan, 135
2500 ES The Hague
THE NETHERLANDS

Vice-Chairman:

Dr. Robert ANGUS
Director General
Defence Research Establishment Suffield
Box 4000 – Station Main
Medicine Hat, Alberta T1A 8K6
CANADA

PROGRAMME COMMITTEE

Co-Chairmen

Dr. Robert CHEUNG, PhD
Defence & Civil Institute of Environmental Medicine (DCIEM)
1133 Sheppard Ave West
PO Box 2000
Toronto, Ontario, M3M 3B9
CANADA

Dr. Alain LEGER, MD
Chief Scientist Human Factors
THALES Avionics,
Man-Machine Interface
BP 91- Rue Toussaint-Catros
33166 Saint-Médard-en Jalles Cedex
FRANCE

Members

Médecin en Chef Corinne ROUMES
IMASSA-CERMA – BP 73
91223 Brétigny sur Orge Cedex
FRANCE

Oberstarzt Dr Heiko WELSCH
Leiter Abteilung II – Flugphysiologie
Flugmedizinisches Institut der Luftwaffe
Steinborner Str. 43
D-01936 Königsbrück
GERMANY

Dr. Ioannis DIAMANTOPOULOS
Hellenic Airforce/Medicine Directorate
5 P, Kanelopoulou Ave. 115 25 Athens,
GREECE

Dr. Willem BLES
TNO Human Factors – PO Box 23
3769 ZG Soesterberg
THE NETHERLANDS

Col. Prof. Krzysztof KLUKOWSKI
Polish Air Force Institute of Aviation Medicine
Krasinskiego St, 5401-755 Warsaw
POLAND

Col. Malcolm BRAITHWAITE
OBE MB ChB FFOM DAvMed
Headquarters Director Army Aviation
Middle Wallop, Hampshire SO20 8DY
UNITED KINGDOM

Dr. William ALBERY
AFRL/HEPA Bld 824 -2800 Q Street
Wright-Patterson AFB OH 45433
UNITED STATES

Dr. Angus RUPERT, CAPT MC USN
51 Hovey Rd
Pensacola FL 32508-1046
UNITED STATES

PANEL EXECUTIVE

Col. Carel BANSE
BP 25 - 7, Rue Ancelle
92201 Neuilly-sur-Seine, FRANCE
Tel: +33 1 55 61 22 60/62
Fax: +33 1 55 61 22 98
E-mail: bansec@rta.nato.int or pelatd@rta.nato.int

This page has been deliberately left blank

Page intentionnellement blanche

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. Recipient's Reference	2. Originator's References	3. Further Reference	4. Security Classification of Document
	RTO-MP-086 AC/323(HFM-085)TP/42	ISBN 92-837-0028-7	UNCLASSIFIED/ UNLIMITED

5. Originator Research and Technology Organisation
North Atlantic Treaty Organisation
BP 25, F-92201 Neuilly-sur-Seine Cedex, France

6. Title
Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures

7. Presented at/sponsored by
the RTO Human Factors and Medicine Panel (HFM) Symposium held in La Coruña, Spain, 15-17 April 2002.

8. Author(s)/Editor(s)	9. Date
Multiple	February 2003

10. Author's/Editor's Address	11. Pages
Multiple	488

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

Acceleration stresses (physiology)	Perception
Aerospace medicine	Physiological effects
Agile aircraft	Physiology
Air navigation	Pilot training
Attitude (inclination)	Rigid inflatable craft
Attitude indicators	Sensory physiology
Cognition	Situational awareness
Cognitive assistance	Space perception
Flight crews	Spatial disorientation
Flight simulators	Spatial information
Human factors engineering	Spatial orientation
Hypergravity	Stimulus (psychophysiology)
Marine navigation	Tactile displays
Motion	Vestibular sense
Motor vehicles	Visual displays
Orientation	Visual perception

14. Abstract

Spatial disorientation (SD), a condition in which the operator fails to sense correctly the position, motion or attitude of the vehicle or of him/herself, continues to be a cause of aircraft accidents, with accident rates that, unlike the overall rate, have not fallen over the past 15 years. The Symposium was convened to review current knowledge of the causes of SD and preventative measures, applicable to air, land and maritime environments. Thirty two oral and 14 poster presentations covered the following topics: Causal mechanisms; Operational and psychophysiological consequences of SD; Incidence of SD in air, land and maritime environments; SD training programmes and training devices; Cognitive and sensory aids for the maintenance of spatial orientation, with an emphasis on the use of tactile cues.

This page has been deliberately left blank

Page intentionnellement blanche

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANISATION

RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANISATION
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
Etat-Major de la Défense
Département d'Etat-Major Stratégie
ACOS-STRAT-STE – Coord. RTO
Quartier Reine Elisabeth
Rue d'Evère, B-1140 Bruxelles

CANADA
DSIGRD2
Bibliothécaire des ressources du savoir
R et D pour la défense Canada
Ministère de la Défense nationale
305, rue Rideau, 9e étage
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 General Directorate
Research Directorate
Fakinos Base Camp
S.T.G. 1020
Holargos, 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 di Documentazione Tecnico-Scientifica della Difesa
Via XX Settembre 123a
00187 Roma

LUXEMBOURG
Voir Belgique

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

PAYS-BAS
Royal Netherlands Military Academy Library
P.O. Box 90.002
4800 PA Breda

POLOGNE
Armament Policy Department
218 Niepodleglosci Av.
00-911 Warsaw

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

REPUBLIQUE TCHEQUE
DIC Czech Republic-NATO RTO
VTÚL a PVO Praha
Mladoboleslavská ul.
Praha 9, 197 06, Česká republika

ROYAUME-UNI
Dstl Knowledge Services
Kentigern House, Room 2246
65 Brown Street
Glasgow G2 8EX

TURQUIE
Millî Savunma Başkanliği (MSB)
ARGE Dairesi Başkanliği (MSB)
06650 Bakanliklar - 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
Acquisitions
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)

Imprimé par Groupe d'imprimerie St-Joseph inc.
(Membre de la Corporation St-Joseph)
1165, rue Kenaston, Ottawa (Ontario), Canada K1G 6S1

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANISATION

RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANISATION

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 Organisation (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
Etat-Major de la Défense
Département d'Etat-Major Stratégie
ACOS-STRAT-STE – Coord. RTO
Quartier Reine Elisabeth
Rue d'Evère, B-1140 Bruxelles

CANADA
DRDKIM2
Knowledge Resources Librarian
Defence R&D Canada
Department of National Defence
305 Rideau Street, 9th Floor
Ottawa, Ontario K1A 0K2

CZECH REPUBLIC
DIC Czech Republic-NATO RTO
VTÚL a PVO Praha
Mladoboleslavská ul.
Praha 9, 197 06, Česká republika

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 Bundeswehr, (FIZBw)
Friedrich-Ebert-Allee 34
D-53113 Bonn

GREECE (Point of Contact)
Defence Industry & Research General Directorate
Research Directorate
Fakinos Base Camp
S.T.G. 1020
Holargos, 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 di Documentazione Tecnico-Scientifica della Difesa
Via XX Settembre 123a
00187 Roma

LUXEMBOURG
See Belgium

NETHERLANDS
Royal Netherlands Military Academy Library
P.O. Box 90.002
4800 PA Breda

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

POLAND
Armament Policy 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 Başkanliği (MSB)
ARGE Dairesi Başkanliği (MSB)
06650 Bakanliklar - Ankara

UNITED KINGDOM
Dstl Knowledge Services
Kentigern House, Room 2246
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
Acquisitions
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 St. Joseph Print Group Inc.
(A St. Joseph Corporation Company)
1165 Kenaston Street, Ottawa, Ontario, Canada K1G 6S1

ISBN 92-837-0028-7