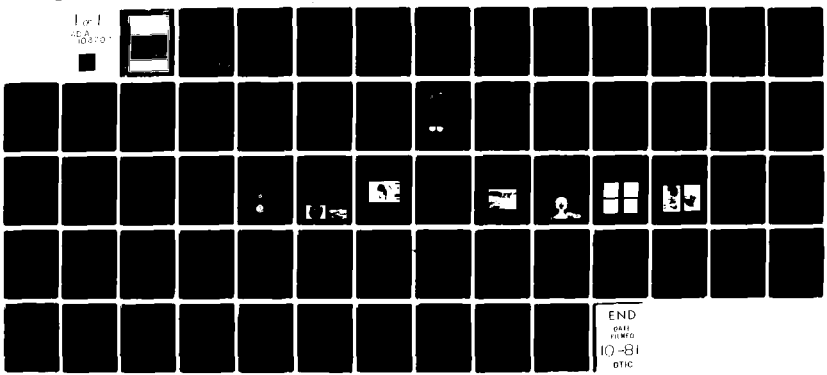
AD-A103 707 ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT--ETC F/G 6/17
PERSONAL VISUAL AIDS FOR AIRCREW.(U)
JUN 81
UNCLASSIFIED AGARD-LS-115 NL

1 of 1
AD
A103707



LEVEL II

AGARD-LS-115

AGARD-LS-115

AD A103707

AGARD

ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH & DEVELOPMENT

7 RUE ANCELLE 92200 NEUILLY SUR SEINE FRANCE

AGARD LECTURE SERIES No. 115

Personal Visual Aids For Aircrew

DTIC
ELECTE
SEP 1 1981
S D
D

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION

DTIC FILE COPY

NP

DISTRIBUTION AND AVAILABILITY
ON BACK COVER

81 9 01 115

DISTRIBUTION STATEMENT A

(14) AGARD-LS-115

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION

ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT

(ORGANISATION DU TRAITE DE L'ATLANTIQUE NORD)

(11) Jun 81

(12)

(9)

AGARD Lecture Series No.115

(6) PERSONAL VISUAL AIDS FOR AIRCREW.

Accession For	
NTIS GRA&I	☒
DTIC TAB	☐
Unannounced	☐
Justification	
By	
Distribution/	
Availability Codes	
Dist	Avail and/or Special
A	

DTIC ELECTE SEP 1 1981 S D

D

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

The material in this publication was assembled to support a Lecture Series under the sponsorship of the Aerospace Medical Panel and the Consultant and Exchange Programme of AGARD, presented on 22–23 June 1981 in Paris, France and 25–26 June 1981 in Fürstenfeldbruck, Germany.

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.

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

Published June 1981

Copyright © AGARD 1981
All Rights Reserved

ISBN 92-835-0292-2

Printed by Technical Editing and Reproduction Ltd
Harford House, 7–9 Charlotte St, London, W1P 1HD

INTRODUCTION

L'organisation de ce cycle de conférences n° 115, consacré aux aides visuelles individuelles pour les équipages, a été confié au Comité sensoriel du Panel de médecine aérospatiale de l'A.G.A.R.D.

La fonction visuelle est un facteur prédominant pour la faisabilité et la qualité de la mission aérienne. Ceci concerne aussi bien l'équipage d'un avion de combat que celui d'un avion de transport.

L'information visuelle doit être en permanence d'excellente qualité, ce qui sous-entend:

- une sélection rigoureuse et une surveillance vigilante et régulière,
- la mise en oeuvre d'équipements n'entraînant pas de perturbations dans le recueil de l'information,
- la correction éventuelle de modifications physiologiques,
- la protection enfin contre des agressions naturelles ou exceptionnelles.

Ces conférences envisageront donc:

- la correction optique classique des amétropies en fonction du type de mission,
- la correction éventuelle par les prothèses de contact, avec leurs avantages et leurs inconvénients,
- les répercussions possibles sur l'information visuelle des équipements de tête, dont la mise au point doit tenir compte des impératifs visuels,
- la protection contre la forte luminosité à laquelle l'équipage est soumis en altitude. Elle nécessite la mise en oeuvre de surfaces absorbantes et teintées, qui ne doivent pas altérer la qualité de l'information,
- la protection devenue nécessaire contre les effets du laser, utilisé pour le pointage, le guidage ou les mesures,
- la protection contre les effets de l'arme thermonucléaire, q'il s'agisse de la brûlure ou de l'éblouissement.

Elles seront suivis d'une discussion, que nous espérons dense et enrichissante. Elle permettra aux auditeurs de se transformer en questionneurs et d'apporter des précisions sur les thèmes envisagés.

Cette série de conférences intéresse non seulement les médecins militaires, mais également leurs confrères civils, auxquels se posent ou pourront se poser ces problèmes. Les opérationnels sont également concernés, ils auront ainsi la possibilité d'appréhender les solutions proposées pour les protéger et leur permettre d'effectuer leurs missions dans les meilleures conditions d'efficacité et de sécurité.

Médecin en Chef CHEVALERAUD

INTRODUCTION

The organisation of this Lecture Series No.115, devoted to personal visual aids for aircrews, has been entrusted to the Sensory Committee of AGARD Aerospace Medical Panel.

The visual function is a predominant factor as regards the feasibility and quality of the air mission. This applies to the aircrews of both combat and transport aircraft.

Visual information should be constantly of an outstanding quality; this implies:

- A strict selection and a careful and regular monitoring,
- the implementation of items of equipment which do not create disturbances in the collection of data,
- the eventual correction of physiological modifications,
- finally, protection against natural or exceptional aggressions.

The themes addressed by these lectures will therefore be the following:

- The conventional optical correction of ametropias according to the type of mission considered.
- Eventual correction by contact prostheses, with their advantages and drawbacks.
- The impossible impact of head equipment on visual information; the development of head equipment must take visual requirements into account.
- Protection against the strong luminosity to which the aircrew is subjected at high altitudes. This requires the use of absorbing and tinted surfaces which must not affect the quality of the information.
- Protection against laser effects which has become necessary since lasers are used for aiming, guidance and measurements.
- Protection against the effects of the thermonuclear weapon, whether these are burns or dazzling.

They will be followed by discussions which we hope to be lively and rewarding.

This lecture series is of interest not only to army medical officers, but also to their civilian colleagues who are or may be confronted with these problems. Operational people are also concerned; they will thus be provided with an opportunity to be informed of the solutions proposed to protect them and enable them to carry out their missions under the best possible conditions of efficiency and safety.

Médecin en Chef J.P.CHEVALERAUD

LIST OF SPEAKERS

Lecture Series Director: Médecin en Chef J.Chevaleraud
Sous-Directeur de l'Ecole d'Application
du Service de Santé pour l'Armée de l'Air
(E.A.S.S.A.A.) et du Centre d'Etudes de
Recherches de Médecine Aérospatiale
(C.E.R.M.A.)
26 Boulevard Victor
75996 Paris Armées
France

SPEAKERS

Dr D.H.Brennan
RAF Institute of Aviation Medicine
Farnborough
Hampshire
UK

Dr P.J.Daumann
Flugmedizinisches Institut der Luftwaffe
8080 Fürstenfeldbruck
Germany

Colonel R.E.Forgie
Department of Ophthalmology
National Defence Medical Centre
Ottawa
Ontario K1A OK6
Canada

Médecin en Chef P.J.Manent
Service Ophtalmologie
Centre Principal d'Expertises Médicales
du Personnel Navigant
5 bis Avenue de la Porte de Sèvres
75996 Paris Armées
France

Médecin Général Inspecteur G.Perdriel
Inspecteur du Service de Santé pour
l'Armée de l'Air
26 Boulevard Victor
75996 Paris Armées
France

Colonel T.J.Tredici
Chief Ophthalmology Branch
USAF School of Aerospace Medicine
Brooks Air Force Base
Texas 78235
USA

CONTENTS

	Page
INTRODUCTION (French and English) par J.P.Chevaleraud	iii–iv
LIST OF SPEAKERS	v
	Reference
CORRECTION OPTIQUE CLASSIQUE DES AMETROPIES EN AERONAUTIQUE par P.J.Manent	1
LES INDICATIONS DES VERRES DE CONTACT DANS LA PRATIQUE AERONAUTIQUE par G.F.Perdriel	2
EYE PROTECTION AND TINTED LENSES by F-J.Daumann	3
PROBLEMS ARISING FROM THE WEARING OF HEAD EQUIPMENT (HELMETS, MASKS, ETC.) by R.E.Forgie	4
LASERS AND PROTECTION OF THE EYES by D.H.Brennan	5
PROTECTION OF THE EYES AGAINST NUCLEAR FLASH* by T.J.Tredici	6
PROBLEMES POSES PAR LES DEFICIENCES VISUELLES EN AERONAUTIQUE par J.P.Chevaleraud	7
BIBLIOGRAPHY	B

* Not available at time of publication.

CORRECTION OPTIQUE CLASSIQUE DES AMETROPIES EN AERONAUTIQUE

Médecin en Chef P.J. MAMENT, Professeur Agrégé
du Service de Santé des Armées.

Centre Principal d'Expertise Médicale
du Personnel Navigant de l'Aéronautique
5 bis, avenue de la Porte de Sèvres -
75015 PARIS - FRANCE.

RESUME

L'information visuelle du personnel navigant, prépondérante dans son exercice professionnel, met en jeu une stratégie très particulière qui intéresse tous les aspects de la perception visuelle.

Les vices de réfraction, amétropies et presbytie, en modifiant la performance visuelle, diminuent la capacité professionnelle du navigant.

Leur correction optique représente une tentative de réhabilitation . La correction classique par des lunettes doit tenir compte de la charge et des conditions de travail propres au personnel navigant. La prescription des lunettes en aéronautique doit donc respecter des critères précis tant en ce qui concerne les verres que les montures pour obtenir le meilleur résultat possible.

GENERALITES

L'INFORMATION VISUELLE est prépondérante dans la relation qu'établit le personnel navigant (PN) avec le MILIEU AERONAUTIQUE. Elle représente 83 % des afférences sensorielles.

La CHARGE DE TRAVAIL du PN consiste en une acquisition de données et une analyse de situation qui permettent une prise de décision. Il s'agit d'un véritable traitement de l'information.

Celui-ci a pour cadre l'espace aérien dont les caractéristiques (absence de repères, niveau de luminance...) sont suffisantes pour modifier les conditions habituelles de la PHYSIOLOGIE DE L'ACTE VISUEL.

C'est dire que les vices de réfraction et en particulier les AMETROPIES pénalisent tout spécialement la performance visuelle du PN. Leur CORRECTION OPTIQUE représente donc le premier pas de la réhabilitation d'une capacité professionnelle dont les critères sont très différenciés.

INFORMATION VISUELLE DU PN

Elle a 2 origines

A L'INTERIEUR DE LA CABINE. Il s'agit de données FAMILIERES, IMMOBILES et RAPPROCHEES. Permanentes, elles proviennent des planches de bords, voire de la verrière. En effet, de plus en plus, les informations de contrôle et de commande pour le pilotage et la navigation ont une présentation synthétique : écrans de visualisation des systèmes intégrés, radar de bord, pilotage tête haute. Elles se présentent sous forme d'aiguilles se déplaçant devant des graduations, de symboles alpha-numériques et analogiques, de figures et de spots lumineux, colorés ou non.

A L'EXTERIEUR DE L'APPAREIL. Ce sont des données ALEATOIRES, MOBILES et ELOIGNEES. Fugitives, elles proviennent des 3 directions de l'espace et varient suivant la séquence du vol et le type de mission : Décollage, atterrissage (problème de transition lors du passage des conditions IFR en conditions VFR par mauvais temps. Vol à grande vitesse et à basse altitude, ravitaillement en vol, hélitreuillage, par exemple.

STRATEGIE VISUELLE DU PN

CHARGE DE TRAVAIL VISUEL. Elle consiste à DETECTER, à IDENTIFIER et à INTERPRETER ces données nombreuses et variées :
- Dans toutes les directions de l'espace.
- De loin, de près et en vision intermédiaire, centrale et périphérique.
- En passant de la cabine à l'extérieur de l'appareil.
- De jour comme de nuit.
- Le plus rapidement possible.

PHYSIOLOGIE DE L'ACTE VISUEL. Elle met donc en jeu toutes les composantes de la PERCEPTION VISUELLE :
- Le sens des formes. Acuité visuelle de loin et de près (minimum visibile, minimum separabile angulaire et morphoscopique, minimum de décalage linéaire), dans le champ visuel central et périphérique.
- Le sens lumineux. Adaptation aux différents niveaux de luminance et à leurs variations, résistance à l'éblouissement, sens morphoscopique nocturne.
- Le sens coloré. Discrimination chromatique.
- Le sens spatial. Statique et cinétique oculaire, vision binoculaire.

Ces différentes modalités de la fonction visuelle ont pour dénominateur commun la célérité nécessaire au tri rapide des informations et à leur choix.

VICES DE REFRACTION

Classiquement, ils diminuent le pouvoir séparateur. En outre, ils modifient parfois le sens lumineux et toujours le rapport accommodation/convergence et l'équilibre oculo-moteur. C'est dire qu'ils handicapent la performance visuelle et qu'ils retentissent défavorablement sur la capacité professionnelle du PN.

Une étude statistique de GYORFFY et MEZEY menée sur une population de 180 000 sujets fait ressortir les pourcentages suivants pour des vices de réfraction : Hypermétropie et presbytie, 22 % ; Myopie, 5 % ; Astigmatisme 6 % . Chez le PN, ces pourcentages sont modifiés sensiblement par la sélection et par les fourchettes d'âge de l'activité professionnelle surtout quand il s'agit du PN des Forces Armées.

TROUBLES DE LA REFRACTION STATIQUE. Il s'agit des AMETROPIES sphériques et cylindriques.Leur degré ne dépasse généralement pas 3 dioptries pour l'hypermétropie, 2 dioptries pour la myopie et l'astigmatisme, compte-tenu des normes militaires en vigueur et des possibilités de dérogation. Ces amétropies faibles n'en sont pas moins préjudiciables à la fonction visuelle d'autant que l'hypermétropie et l'astigmatisme ont des manifestations fonctionnelles qui augmentent avec l'âge.

TROUBLES DE LA REFRACTION DYNAMIQUE. Il s'agit de la PRESBYTIE. Elle est dûe à une diminution de l'amplitude d'accommodation et à un éloignement du punctum proximum d'accommodation, croissants avec l'âge, qui, à partir de 45 ans, pénalisent la vision de près. Elle doit être considérée comme une véritable amétropie, inéluctable et lentement progressive.

L'étude de la réfraction et de ses troubles comporte la détermination de l'acuité visuelle de loin et de près pour chaque oeil, la skiascopie éventuellement sous cycloplégie, la kératométrie et la mesure du punctum proximum d'accommodation. Il est toujours intéressant d'ajouter l'étude de l'équilibre oculo-moteur et la mesure du punctum proximum de convergence.

CORRECTION OPTIQUE

Le diagnostic du vice de réfraction étant posé, sa valeur en dioptries une fois connue, la correction est alors envisagée. Elle est effectuée oeil par oeil, puis en binoculaire à l'aide de verres correcteurs. Il convient d'obtenir la correction optimum et non maximum, c'est à dire la mieux supportée et la plus performante, compte-tenu de l'amétropie, de son degré, de ses répercussions et de l'âge du sujet. C'est dire qu'une grande part doit être donnée à la méthode subjective en faisant appel au cylindre de JACKSON et au test DUOCHROME.

La correction de l'HYPERMETROPIE s'effectue avec des verres sphériques convexes. Elle peut être difficile chez le sujet jeune qui accommode et aboutir à une sous-correction. Avant 45 ans, il est intéressant d'utiliser la méthode du brouillard, oeil par oeil, puis d'ajouter 1/2 dioptrie à la correction de chaque oeil en vision binoculaire. On s'approche ainsi de la correction totale qui soulage l'accommodation au maximum et par là on prévient la myopie spatiale qui peut survenir dans un champ visuel "vide".

La correction de la MYOPIE s'effectue avec des verres sphériques concaves. Elle doit être la plus faible possible afin d'éviter l'accommodation du sujet jeune sur sa correction. Il y a intérêt à diminuer la correction de chaque oeil d'1/2 dioptrie en vision binoculaire.
Il faut toujours se souvenir que les verres sphériques convexes diminuent la convergence alors que les verres sphériques concaves l'augmentent.

La correction de l'ASTIGMATISME s'effectue avec des verres cylindriques ou sphéro-cylindriques, convexes ou concaves. Il convient de corriger tôt les astigmatismes, même faibles, chez le sujet jeune, surtout s'ils s'accompagnent d'asthénopie (astigmatismes obliques et inverses). Plus tardive, la correction est caduque (amblyopie relative) ou mal supportée.

La correction de la PRESBYTIE consiste à restaurer l'amplitude d'accommodation et à rétablir le punctum proximum d'accommodation pour permettre une vision rapprochée confortable à 33 cm. On utilise pour cela des verres sphériques convexes dont la puissance P, la plus faible possible, est donnée par la formule $P = 3 - Am$ où Am représente la valeur de l'amplitude d'accommodation restante qui décroît avec l'âge. L'addition est voisine de 1,5 dioptrie à 46 ans, 1,75 à 49 ans, 2 à 50 ans et 2,5 à 55 ans, pour chaque oeil.

Le verre UNIFOCAL ainsi prescrit donne une vision de près, centrale et périphérique, qui est nette avec une profondeur de champ inversement proportionnelle à sa puissance. La vision intermédiaire est médiocre et la vision de loin mauvaise car le verre rend l'oeil "myope". De plus, il a tendance à entretenir une paresse accommodative dans ces conditions qui augmente le besoin de correction pour la vision rapprochée.

Le verre MULTIFOCAL (bi ou trifocal) donne au travers du segment inférieur une vision de près nette dont le champ est limité par ses dimensions. La vision de loin, au travers du segment supérieur, est également nette mais son champ est amputé par le segment inférieur. La vision intermédiaire est impossible car à la limite des 2 segments il existe un véritable "trou visuel". Le passage de la vision éloignée à la vision rapprochée provoque un "saut d'image" au passage de cette limite avec une rupture du rapport accommodation/convergence très préjudiciable à l'équilibre oculo-moteur.
Ces modes classiques de correction de la presbytie ne sont donc pas indiqués chez le PN dont la division de l'attention entraîne des changements de fixation incessants, de loin, de près et en position intermédiaire.

Le verre à PUISSANCE PROGRESSIVEMENT CROISSANTE grâce au "fondu" de ses différents segments et au gradient physiologique d'augmentation de puissance du canal central de son segment intermédiaire représente la meilleure solution pour la correction de la presbytie du PN. Neutralisation et fusion maîtrisent les aberrations périphériques latérales au bout d'un certain temps d'adaptation lorsque l'indication est bien posée.

LUNETTERIE

LES VERRES.

- Le cahier des charges des verres de lunettes pour la correction du PN est le suivant.

QUALITES OPTIQUES.

Vision nette centrale et périphérique à toutes distances, minimum d'aberrations de sphéricité et de chromaticité.

Absence de reflets parasites.

Absorption quantitative et filtration qualitative des radiations lumineuses sans répercussion sur le sens lumineux et sur le sens chromatique.

QUALITES MECANIQUES.

Verre antibuée et antiélectrostatique. Verre résistant aux déformations, aux rayures et aux chocs.

- Il s'agit donc de verres spéciaux et traités dont les caractéristiques sont les suivantes.

VERRES MENISQUES peu galbés.

Lors des mouvements oculaires, il n'y a pas de variations de la distance verre-oeil et par là, pas de modifications de puissance. Il n'existe pas non plus d'astigmatisme d'obliquité, l'axe visuel restant perpendiculaire aux faces du verre. Enfin, l'effet prismatique des bords est réduit au minimum, moins volumineux ce type de verre est aussi moins lourd.

VERRE MINERAL (CROWN).

Ses avantages par rapport aux verres organiques sont sa résistance aux rayures donc sa longévité, son absorption naturelle des UV dont la longueur d'onde est inférieure à 280 nanomètres et la possibilité qu'il a d'être teinté dans la masse de façon homogène. Ses inconvénients, poids, fragilité sont palliés par la forme envisagée ci-dessus et par des traitements spéciaux.

VERRES TEINTES ET FILTRANTS.

Intéressants pour le PN chaque fois qu'il n'utilise pas de casque à visière (transport, liaison, hélicoptère) comme protection contre la désadaptation, l'éblouissement et les radiations érythématogènes (UV inférieur à 313 nanomètres).

L'intensité de la teinte (absorption lumineuse)ne doit diminuer ni l'acuité visuelle ni la vision nocturne. Suivant le type de mission, un choix peut être fait entre les verres teintés A (transmission de 85 %) et C (transmission de 15 %).

La couleur du verre (filtration sélective) doit laisser un bon rendu des couleurs et ne pas trop perturber le chromatisme de l'oeil. Le vert absorbe le bleu et le rouge, le marron absorbe le vert ... C'est le vert qui semble apporter le moins de gêne à la discrimination chromatique. Par ailleurs, le vert permet de sous corriger les hypermétropes, le marron permet de sous corriger les myopes mais il pénalise les presbytes.

Les verres photochromiques à obscurcissement rapide (10 - 8 secondes) sous l'effet des UV de 300 à 400 nanomètres ne semblent pas à retenir car leur longévité est très relative quant à leurs caractéristiques physiques. De plus, le cycle réversible éclaircissement-obscurcissement est très modifié dans sa rapidité par les variations de température. La chaleur accélère l'éclaicissement et ralentit l'obscurcissement et vice-versa.

VERRES TREMPES.

La trempe du verre minéral, en particulier la trempe chimique augmente sa résistance aux déformations, aux rayures, aux chocs et aux ruptures. L'échange ionique K+ - Na+ réalise à sa surface une couche de trempe de 80 microns d'épaisseur. Il s'ensuit un équilibre des contraintes entre des compressions externes fortes et une extension interne faible. Ce traitement accroît donc la sécurité du verre minéral et sa "durée de vie".

VERRES ANTI-REFLETS.

Le verre de lunettes est à l'origine de reflets gênants pour l'utilisateur, au niveau de sa face postérieure (sources lumineuses situées en arrière, image de la cornée) ou dans son épaisseur (réflexions totales). Ils donnent naissance à des sensations de voile, de halos, ou à des dédoublements d'images.

Le traitement au fluorure de magnésium qui se dépose en couche mince à sa surface, atténue ces reflets et augmente son pouvoir mouillant. Il a donc un effet anti-buée très intéressant. Par contre, il peut être attaqué par la transpiration et, sensible à la poussière, il doit être toujours maintenu propre.

LA MONTURE.

- Elle doit être COMPATIBLE AVEC L'EQUIPEMENT DE TETE : masque à oxygène, écouteurs, casque et visière.
- Sa STABILITE doit être excellente eu égard aux accélérations, aux vibrations et au tabassage.
- Elle doit être INDEFORMABLE mais NON DANGEREUSE, LEGERE et BIEN SUPPORTEE, SOLIDE et BON MARCHE, enfin, elle ne doit pas présenter d'ANGLES MORTS.
- SUR MESURE ou disponible en TAILLES STANDARDS, la monture METALLIQUE paraît répondre à ces différents impératifs à condition d'être anallergique. Elle doit comporter une BARRE FRONTALE des CERCLES à drageoirs ovalaires de forme anatomique et un PONT A PLAQUETTES FIXES REGLABLES. Les BRANCHES, fines, doivent être légèrement coudées sur les oreilles.

Ainsi, sont préservés la stabilité, la rigidité, le centrage des calibres, le confort et la sécurité des lunettes.

CONCLUSIONS

Les vices de réfraction du PN ne sont pas exceptionnels.

Qu'elles satisfassent aux normes d'admission ou qu'elles apparaissent en cours de carrière, les amétropies et la presbytie représentent un handicap visuel qui pénalise la capacité professionnelle en aéronautique.

Il convient donc de les corriger de façon systématique pour rétablir une performance visuelle aussi proche que possible de la normale.

Les lunettes représentent le mode de correction optique classique des amétropies qui, dans la majorité des cas donne le meilleur résultat. Leur prescription et leur adaptation obéissent à des règles simples qu'on doit respecter si l'on veut obtenir une bonne tolérance. Les caractéristiques des lunettes données plus haut sont celles qui conviennent le mieux en Aéronautique, à savoir :

Verres minéraux, ménisques peu galbés, de forme ovalaire.

Verres teintés et filtrants, trempés, anti-reflets.

Monture métallique anallergique, stable, indéformable et confortable.

Elles correspondent à peu près à celles des lunettes BGU - 4/P de l'USAF.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

1 - A.G.A.R.D. - Visual Aids and Eye Protection for the Aviator. AGARD conference proceedings n° 191, 1976.

2 - O.A.C.I. Manuel de Médecine Aéronautique. Doc. 8984 - AN 895, 1ère édition 1974, PP. II. 10. 1 II. 10. 16.

3 - SARAUX (H.),ROUSSELIE (F.), COSCAS (G.). Optique médicale pratique. PARIS, DOIN Ed. 1968.

PUBLICATIONS et COMMUNICATIONS

4 - GYORFFY (I.), MEZEY (P.). La fréquence des vices de réfraction et des affections oculaires. KLIN. MBL., F.A. 142, 2, 1963 PP. 368 - 373.

5 - MANENT (P.J.). La performance visuelle en aéronautique. Bulletin de Sécurité des vols de l'Armée de l'Air française. 1971 n° 104.

6 - MANENT (P.J.), MAILLE (M.), BALLION (J.C.), MAUCLAIR (C.). La Presbytie chez le personnel navigant. Ses répercussions, sa correction. Société française de physiologie et de médecine aéronautique et cosmonautique. PARIS, séance du 21.03.80.

7 - PERDRIEL (G.), DESBORDES (P.), MANENT (P.J.). Variations des fonctions visuelles avec l'âge chez le personnel navigant. Congrès international de Médecine aéronautique et spatiale. DUBLIN, 1964.

LES INDICATIONS DES VERRES DE CONTACT DANS LA PRATIQUE AERONAUTIQUE.

par
Médecin Général Inspecteur PERDRIEL (G.F.)
Inspecteur du Service de Santé
pour l'Armée de l'Air
26, Bld Victor - 75015 PARIS -

RESUME.

L'habituelle tolérance des verres de contact dans la vie courante, incite tout naturellement ceux qui en sont satisfaits à vouloir les conserver pour leurs activités.

Or, les lentilles cornéennes présentent un certain nombre d'avantages mais aussi de contre-indications (intolérances fréquentes liées au faible degré hygrométrique des cabines, formation de micro-bulles due à la dépression atmosphérique).

L'attitude des experts ophtalmologiques doit donc rester très prudente, et des dérogations me semblent devoir être accordées que pour les navigants confirmés, en tenant compte de leur spécialité.

Les verres de contact, et plus particulièrement les lentilles, sont de plus en plus utilisées, plusieurs motivations pouvant être invoquées pour expliquer le choix de ces prothèses au détriment des lunettes classiques (intérêt esthétique ou professionnel, pratique sportive).

C'est ainsi que six millions de paires de verres de contact ont été vendues dans le monde en 1980 et on estime que dans les années à venir ce nombre augmentera de 25 % par an.

Leur habituelle tolérance dans la vie courante incite tout naturellement ceux qui en sont satisfaits à les conserver pour leurs activités professionnelles.

On comprend donc qu'un candidat à une fonction aéronautique ou un navigant confirmé désirent les garder pendant le vol.

Cette tendance conduit donc à discuter les avantages et les inconvénients de ce procédé de correction optique pour le personnel navigant des Forces Aériennes.

1)- Les verres de contact qui peuvent être proposés à un amétrope sont de deux types :

A/- Les verres à appui scléral ont une contention excellente puisque leurs contours épousent les culs de sac conjonctivaux et sont recouverts en partie par les paupières.

Mais leur application est souvent longue et délicate (nécessité du "moulage"). De plus, leur tolérance est souvent limitée dans le temps. Certains leur reprochent aussi leur caractère inesthétique et leurs indications sont en fait devenues exceptionnelles (aphakie unilatérale).

B/- Les lentilles cornéennes se présentent sous des formes différentes mais elles doivent répondre aux critères suivants :

- être bio-compatibles avec les structures oculaires,
- assurer une transparence parfaite à la lumière,
- rester perméables à l'oxygène.

Ce dernier point est essentiel et conditionne la tolérance de ces lentilles puisque le métabolisme cornéen nécessite un apport régulier de l'oxygène dissout dans les larmes.

Mécaniquement la pose d'une lentille sur la cornée réduit ce transfert gazeux et il importe donc de faire appel à des matériaux diminuant cet inconvénient, responsable de l'apparition d'un trouble visuel, appelé voile de SATTLER et du à un oedème de la cornée.

Deux formes de lentilles permettent la correction des amétropies.

a). Les lentilles "dures" sont constitutées de polyméthacrylate de méthyle, matière possédant d'excellentes propriétés optiques mais ayant aussi l'avantage de garder un contact intime avec le film lacrymal sur ses deux faces, facilitant ainsi le transfert de l'oxygène des larmes.

D'autres substances comme l'acétobutyrate de cellulose sont plus flexibles tout en gardant les mêmes caractères vis à vis du liquide lacrymal.

Les lentilles dures et semi-flexibles peuvent être portées et supportées pendant plus de 10 heures par jour pour plus de 80 % des utilisateurs.

Toutefois, ces variétés de lentilles cornéennes peuvent inopinément quitter le lit cornéen sous l'effet d'un choc, d'une exposition à un vent violent ou d'une accélération de forte intensité.

Elles ne garantissent pas toujours la conservation du métabolisme cornéen.

De plus elles exigent une excellente adaptation qui ne doit pas être trop "serrée" (ce qui implique une intolérance subjective), ni trop lache (ce qui facilite les déplacements intempestifs de la prothèse).

b). Les lentilles "molles" sont très stables sur l'oeil car leur diamètre dépasse légèrement la cornée ce qui permet un meilleur appui sur la conjonctive bulbaire périlimbique.

Leur structure retient une certaine qualité d'eau qui facilite les échanges d'oxygène et de gaz carbonique entre le milieu extérieur et la cornée.

Cette hydrophilie peut aller de 35 % à 80 % suivant la nature chimique du composant.

Les lentilles molles apportent un confort bien supérieur aux autres formes de prothèses cornéennes et les cas d'intolérance sont exceptionnels.

Mais ce confort visuel risque de masquer certaines infections de la cornée favorisées par le renouvellement moins rapide des larmes dont on connait les propriètés bactériostatiques et bactériolytiques, mais aussi par la matière hydrophile qui retient au contact de la cornée les bactéries indésirables.

Ce danger est d'autant plus à redouter que la parfaite tolérance des lentilles molles incite au port permanent, ce qui facilite encore l'agression microbienne puisque la fermeture palpébrale pendant le sommeil réduit la circulation lacrymale.

Il paraît donc prudent de limiter le port de ces lentilles qui exigent une hygiène soigneuse pour leur mise en place comme pour leur conservation entre deux applications.

Mais l'inconvénient essentiel des lentilles molles réside dans leur sensibilité particulière à un faible degré hygrométrique de l'air ambiant qui favorise leur dessication et réduit par là même leur tolérance cornéenne.

c). Les lentilles en silicones constituent une découverte plus récente qui mérite encore des expérimentations approfondies car, si leurs molécules ont une perméabilité à l'oxygène gazeux qui dépasse largement les besoins de la cornée, elles se "mouillent" difficilement et adhèrent à l'épithélium cornéen après quelques heures, tout en devenant opaques.

2)- Les indications et lescontre-indications des lentilles en pratique aéronautique ont été particulièrement étudiées dans les dernières années.

a)- Les avantages des lentilles cornéennes sont liés à l'excellente information visuelle qu'elles procurent au navigant, leur permettant de disposer, sous une forme esthétique, d'une vision centrale très efficace quelle que soit la direction du regard.

Seuls les astigmatismes de très fort degré, ne peuvent être compensés par la correction optique et nécessitent le port de verres correcteurs additionnels.

Le champ visuel, comme le champ binoculaire du regard, sont parfaitement dégagés et ne présentent plus la limitation habituelle occasionnée par les montures de lunettes.

L'encombrement de l'équipement de tête (casques avec écouteurs) est aussi diminué, notamment chez le pilote de chasse qui peut disposer plus aisément de son masque à oxygène sans avoir l'obligation, comme avec des lunettes, de l'abaisser de temps en temps, pour éviter que la condensation de gaz n'embue ses verres correcteurs.

b)- Les inconvénients dépendent de plusieurs facteurs mécaniques et physiques.

- l'instabilité des lentilles dures peut les faire quitter inopinément le lit cornéen au cours du vol et cette disparition brutale de l'efficacité visuelle peut être un danger pour la sécurité de la navigation. Cette éventualité est plus rare avec les lentilles molles dont la stabilité est meilleure et n'est pas modifiée par des accélérations voisines de 7 G.
- le faible degré hygrométrique des cabines de pilotage est responsable d'une irritation oculaire, encore plus sensible chez les porteurs de lentilles molles, qui dans 60 % des cas doivent abandonner ces prothèses pour leurs activités aéronautiques.

  Le même phénomène est aussi constaté chez les pilotes de chasses porteurs d'un heaume qui emprisonne un air qui devient de plus en plus sec.
- l'insuffisance de protection contre les radiations solaires qui reste toujours inférieure à celle des verres correcteurs classiques.
- la dépression atmosphérique, lorsqu'elle se manifeste à des altitudes supérieures à 5000 mètres, entraine la formation de micro-bulles susceptibles de créer de petites érosions cornéennes douloureuses, capables de diminuer l'acuité visuelle.

  Ce dégagement gazeux qui était évident avec les verres à appui scléral, se manifeste aussi avec les lentilles dures (PERDRIEL Coll.) mais de récentes expérimentation (ENG et Coll., J. CHEVALERAUD) ont démontré que ce phénomène n'apparaissait pas avec des lentilles molles ou se limitait à la périphérie (FORGIE)
- la pénétration accidentelle de petits corps étrangers, entre la lentille et la cornée, peut se produire sur le parking des avions, souvent très éventé. Une irritation oculaire, intense et pénible, risque alors de se manifester au moment ou après le décollage.

Ainsi, en comparant les mérites et les inconvénients des lentilles dans les diverses conditions de la pratique aéronautique, on ne peut que reconnaître les avantages qu'elles apportent aux navigants pour leur information visuelle, mais on doit aussi formuler un certains nombre de reproches qui ne permettent pas de les prescrire systématiquement pour corriger une amétropie même légère.

Même les lentilles molles qui assurent habituellement un très bon confort visuel, une excellente stabilité, et restent pratiquement indifférentes à la dépression atmosphérique, sont la source d'ennuis (intolérance au faible degré hygrométrique des cabines) avec des servitudes (nécessité d'un entretien et d'une stérilisation que le travail aérien ne permet pas toujours de satisfaire).

3)- Normes d'aptitude visuelle et lentilles de contact.

Les considérations précédentes expliquent aisément que l'attitude des experts ophtalmologistes reste prudente pour l'utilisation des lentilles de contact pendant le vol.

Les normes d'aptitude visuelle tiennent compte de ces réticences comme le montre la réglementation appliquée dans les Forces Aérienne Françaises.

a)- Lors des visites d'admission et des examens révisionnels les instructions prévoient que l'acuité visuelle avec verres de contact ne peut être prise en considération. On estime en effet que les lentilles ne peuvent en toute circonstance, assurer la sécurité aérienne.

b)- Dans des cas exceptionnels, la Commission qui étudie les demandes de dérogations, formulées par les navigants après les décisions prises dans les Centres d'Examens Médicaux du Personnel Navigant, a la possibilité d'autoriser le port des lentilles mais uniquement chez des navigants confirmés et aussi en tenant compte de leur spécialité.

Ces dérogations ne s'appliquent que pour un déficit unilatéral de l'acuité visuelle et ne peuvent être accordées qu'après :

- un examen très complet, destiné à apprécier la qualité de l'application et la tolérance objective de la prothèse.

- un séjour en caisson à dépression à 6.000 mètres pour rechercher l'éventuelle apparition de micro-bulles en altitude fictive.

De plus, le navigant doit toujours avoir en vol, à sa disposition immédiate, une paire de verres correcteurs si la nécessité s'en faisait sentir.

En fait un nombre restreint de navigants a sollicité une telle dérogation, et l'expérience a montré que ceux qui l'avait obtenue ont généralement préféré, après quelques années, revenir au port des verres correcteurs classiques.

4)- Conclusions.

Bien qu'actuellement, le port de lentilles cornéennes reste assez exceptionnel chez le personnel navigant des Forces Aériennes Françaises, par suite de certains facteurs d'intolérance se manifestant en vol, nous estimons que les experts responsables des normes d'aptitude visuelle doivent s'intéresser au développement futur des prothèses de contact.

Certains matériaux comme les silicones, les lentilles CAB, les lentilles "Duragel" permettent d'espérer des adaptations qui ne présenteront peut être pas les inconvénient des verres de contact actuellement proposés aux navigants.

BIBLIOGRAPHIE.

- BERTENYI (A.) -"Le comportement des verres de contact et des verres cornéens aux grandes altitudes", SZEMESZET, 1961, 99, 2, 121-122.

- BOISSIN (J.P.)-"A propos de la tolérance des prothèses de contact chez le personnel navigant commercial", Rev. Méd. Aéro. Spatiale, 1973, 48, 12, 568.

- BRONNER (A.), GERHARD (J.P.) -"Verres de contact et lentilles précornéennes". Rapport Soc. Oph. de l'Est et de Lyon, in B.S.F.O., Juillet-Aout 1958, 641.

- CHEVALERAUD (J.), PERDRIEL (G.) -"Aptitude au vol et lentille de contact souples", Agard Conf. Proc. n° 191, 1976.

- CHEVALERAUD (J.) -"Aptitude au vol et lentilles de contact souples", Congrès de Contactologie de Strasbourg pour les applicateurs de verres de contact, 1979.

- CLARKE (C.) -"Contact lenses at high altitude : expérience on Everest south West face 1975", Brit. J. Ophtal., 1976 - 60, 479.

- CROSLEY (J.K.), BRAUN (EG), BAILEY (R.W.) -"Soft (hydrophilic) contact lenses in U.S. Army Aviation. An investigation study of the Bausch and Lomb Soflens", U.S. Army Aeromedical Research laboratory (Fort Ruck en Alabama).

- DIAMOND (S.) -"Contact lenses in aviation", Aerospace Medicine, 1962, 33, 11, 1361-1366.

- DIAMOND (S.) -"Medical complications of contact lenses and their aeromedical implications", Aerosp. Med., 1967, 38, 7, 739-741.

- ENG (W.G.), RASCO (J.L.), MARANO (J.A.) -"Low atmospheric pressure effects on wearing soft contact lenses". Av. Space, 1978, 49 (1), 73-75.

- FORGIE (R.E.) - "Soft contact lenses in aircrew decompression chamber tests". Communication personnelle.

- GIORDAN (P.), NOGER (A.) -"Au sujet des verres de contact", Rev. Méd. Aéron., 1951, 6, 1, 47-72.

- JAGERMAN (L.S.) -"Effects of air travel on contact lenses wearers", Am. Journal Opht., 1973, 75, 3, 533.

- KREISS-GOSSELIN (F.) -"La prescription et l'adaptation des lentilles souples dans les cas optiques en ophtalmologie", Conf. Opt. Méd., 27, 1975.

- KREISS-GOSSELIN (F.) -"Indications et contre-indications des différents types de verres de contact : raison du choix", Conf. Opt. Méd., 30, 1978.

- LEHWESS-LITZMANN (I.)- "The wearing of contact lenses in trained pilots"- Av. Med. Translat., 1966, AM 66-2.

- LOUIE (D.), ENG (W.C.) -"Recherches sur les lentilles de contact en médecine aéronautique", XXVIème Congr. Int. de Méd. Aéronaut. Londres 1978 - à paraître.

- MAC CULLOCH (C.) -"The acceptance of contact lenses in military personnel -visual problems in aviation medecine (AGARD), 1962.

- MERCIER (A), DUGUET (J.) -"Physiopathologie oculaire de l'aviateur", Rapp. Soc. Opht. Paris, nov. 1947, 230 pages.

- PALSE (K.A.), MANDELL(R.B.) -"Critical oxygen tension at the corneal surface", Arch. Ophtal.,1970, 84, 4, 505-508.

- PERDRIEL (G.) -"Tolérance des lentilles précornéennes en altitude", Soc. Méd. Milit., 13 Mars 1958.

- PERDRIEL (G.), GUYARD (M.) RAYNAUD (G.) -"Lentilles cornéennes et altitude", Bull. Mens. S.F.O., 1959, 286-293.

- PERDRIEL (G.) -"Indications et contre-indications des lentilles de contact dans les transports" , Congrès de Contactologie de Strasbourg pour les applicateurs de verres de contact, 1979.

- POLISHUK (A), RAZ (D.) -"Soft hydrophilie contact lenses in civil and military aviation", Av. Space 1975, 46, 9, 1188-1190.

- POULIQUEN (Y), BONNET-BOUTIER (M.), KREISS-GOSSELIN (F.), ROGER (J.) -"Lentilles de contact souples", Rapp. Soc. Opht. Paris, novembre 1974.

- SIMON (D.R.) BRADLEY (M.E.) -"Oedème cornéen chez les plongeurs qui portent des lentilles de contact dures", Am. Journal, 1978-85, 462.

EYE PROTECTION AND TINTED LENSES

by

Franz-Josef DAUMANN, Col.,GAF,MC
German Air Force Institute of Aviation Medicine
8086 Fürstenfeldbruck, P.O.Box 172 KFL, Germany

From the spectrum of electromagnetic energy retinal receptors only perceive radiations having a wavelength between 380 (violet) and 760 nanometers (nm) (red) (1). The spectrum of sunlight, however, in addition to the visible parts, is composed mainly of ultraviolet parts of 200 - 380 nm and infrared parts above 760 - 1500 nm and longer.
The effects of radiation on the human eye are of interest to the ophthalmologist and to the physician dealing in occupational- and aviation medicine as well. On one hand biological damages may occur to the eye, on the other physiological and psychological disorders, which exert an influence on the efficiency of the work and on its safety. For this reason the flight surgeon being trained in industrial medicine will have to center his attention not only on pilots but also on technical personnel, drivers and ATC-personnel. The eye is equipped with a number of protective mechanisms against higher luminance (eyelids, pupil, retinal adaptation mechanisms) but not with any sensor for damaging energies, so that these radiations may hit the eye unaware and unprotected. This illustrates that sun glasses are definitely a protection and not only a status symbol.

The effects of any radiation whatsoever on body tissue depends essentially on the following circumstances (2):

1) Wavelength or frequency of the radiation
2) The total radiation dose
3) The radiation energy in one second, the so-called dose rate
4) The sequence of the separate radiation doses (radiation frequency)
5) The absorption ability of the biological substance concerned
6) The special sensitivity and the damage susceptibility of tissue concerned

TREDICI (3) and others give the following data on the most important types of radiation in the visible spectrum at sea level:

SPECTRUM AT SEA LEVEL	PERCENTAGE	PRACTICAL RANGE FOR EYE EFFECTS
Infrared (IR)	58%	760 - 2100 nm
Visible	40%	380 - 760 nm
Ultraviolet (UV)	2%	200 - 380 nm

The effects of radiation on the eye

Ultraviolet light

Very short ultraviolet radiation under 180 nm wavelength is practically absorbed by the air, consequently it will not reach the eye and therefore does not play any role. The remaining ultraviolet radiation, in other words that in the range between 180 and 350 nm is found more or less pronounced in solar radiation but also in radiation emerging from mercury discharge lamps, arcs, (arc welder) and so on. Ultraviolet light may be divided into two types, into UV-B under 320 nm which causes sunburns on the skin, and into UV-A having a range between 320 and 380 nm. The wavelengths of the UV-B are absorbed by almost all proteins of the body. On the skin they generate sunburn; in the conjunctiva and cornea of the eye a corresponding dose will generate the illfamed kerato conjunctivitis photoelectrica, a well-known, very painful but generally harmless and short-term disease which occurs with a delay of 8 to 10 hours after exposure. The proteins of the cornea have their absorption maximum in this range of radiation. Radiation is almost completely absorbed by the outer layers of the cornea which causes a breakdown of epithelial cells visible under a biomicroscope. The deeper layers are not affected. Kerato conjuntivitis photoelectrica is caused by prolonged exposition to the sun over areas covered with snow, bright sand beaches, on the water, but also in the area of bright concrete on air bases and in the vicinity of mercury vapor lamps and welders' flash. Kerato conjunctivitis is fully reversible in spite of strong interference with general well-being (the individual affected is absolutely unfit for duty for approximately 24 hours). Treatment should be commenced for protection against secondary infections and to ease the pain by use of eye ointments such as Bepanthen. Complete recovery follows within 24 - 48 hours. In spite of the benignity of the disease considerations from an industrial medicine viewpoint require prophylactic measures with the aid of protective goggles.

The longwave ultraviolet light between 320 and 380 nm is only slightly absorbed in the superficial cornea layers and causes no damages. It is merely responsible for a fluorescence of the cristalline lense which is able to reduce the contrasts and thus also to reduce the variety of data in the visual field as far as minor contrasts are concerned. This fluorescence is noticeable as a haze in front of objects which the person perceives(4, 5, 6). With the exception of this effect there is no difference between the results of visible radiation and longwave ultraviolet energy.

Infrared light

The cornea, aqueous and the vitreous body are practically transparent for infrared energy between 760 and 2000 nm. Infrared light will affect only those parts of the eyes by which it is absorbed, i.e. the lense, and the pigmented epithelium. To cause damages to the lense higher doses and longer exposures would be required. In this context the glass-blowers' cataract should be mentioned. High doses of infrared energy combined with visible energy such as they occur when looking into the sun, during the explosion of nuclear weapons, during exposure to laser and so on cause macular burns. To complete the list , microwaves (e.g. Radar) should also be mentioned. High dose rates may raise lense temperatures and thus be a possible factor for the development of cataracts (2).

Visible light

Radiation in the frequency between 380 to 760 nm is the stimulus for the eye for vision. The human eye is able to adapt itself to highest and lowest luminance between 10^9 cd/m^2 and 10^{-8} cd/m^2 (1). This process is called light- resp. dark adaptation and is a function of the pupil and of chemical and neural adaptation mechanisms of the retina as well. Such adaptation requires time, however, so that the sudden onset of luminance differences can bring about discomfort and sometimes after-images both of which mean an impairment of the visual function (Fig. 1).

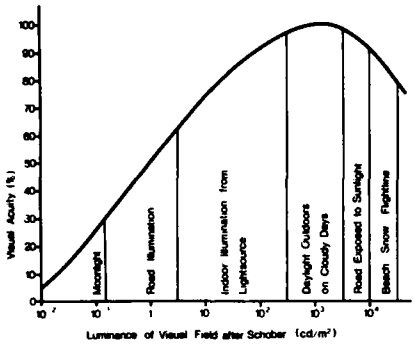


Fig. 1

Dependency of visual acuity from the luminance of the visual field (candle/m^2)

Light intensity may become so high that it causes absolute blinding, which in turn provokes an intense blinding pain by tensional effects on the ciliar body and lid cramping. These high luminance values are only found on the ground on clear sunny days, whereby the bright concrete stands on the air bases, reflections on the snow or on reflecting surfaces contribute particularly high luminance over long periods of time and cause bleaching of the visual purpur which can not regenerate itself that quickly. Hence the adaptation ability of the eye is impaired (7).
Moreover, after exposure to high luminance a persistent haze is caused for some time through positive after-images when attempting to recognise objects under low luminance. As far as pilots are concerned there are yet additional visual problems (5, 8, 9):

1) Reversed light distribution in the visual field
2) High luminance outside the cockpit in comparison to the interior
3) The shadow becomes darker in the upper part of the instrument panel due to sun brightness in high altitudes and by the increase of simultaneous contrasts.

Another problem in addition to the abrupt changes in luminance is caused by glare. SCHOBER (1) differentiates between various types of glare:

1)	Adaptation glare:	Due to sudden changes of luminance, the state of adaptation of the retina can not be adjusted as quickly as required.
2)	Relative glare:	Caused by simultaneously existing local luminance differences in the visual field, which are too great.
3)	Absolute glare:	Luminance so high that the adaptation ability of the eye is surpassed.
4)	Direct glare:	Blinding by primary light sources.
5)	Indirect glare:	Blinding by a reflective image of a light source or by too bright light dispersing areas in the visual field.
6)	Centralised glare:	Blinding source lies in the direction of gaze.
7)	Peripheral glare:	Blinding source lies at the periphery of the visual field.
8)	Veiling glare:	Blinding when viewing object through extensively luminous scattered objects.
9)	Simultaneous glare:	The blinding source is present during the looking process.
10)	Successive glare:	Retarted after-effects of a previous blinding by direct or indirect blinding sources.

Glare is the most frequent, most serious and most difficult to fight visual disturbance. Sensitivity to glare grows with age.

Sun glasses

Sun glasses offer good protection against all these factors impairing vision. It is the purpose of sun glasses to reduce the amount of visible ultraviolet and infrared energy penetrating into the eye. This will help to avoid glare and overstraining the retina. This requirement can, however, only be met by sun glasses if the absorption properties and also image properties of the glasses and the shaping of the frame meets the requirements of the respective eye. The filters may consist of glass or special plastics. The effects of sun glasses are stated in terms of absorption. This implies the entire light-dimming which is caused by the absorption of the lenses or by the coated layer and the reflection on the two surfaces. This loss in light intensity corresponds to the difference of radiation intensity entering and leaving the lense. Only transmission, i.e. that light portion which has penetrated into the lense, is measured and represented as a curve. When assessing the filtering effect of lenses the sensitivity of the eyes plays a decisive role. It has its maximum value at 555 nm and decreases sharply on either side of this wavelength (Fig. 2).

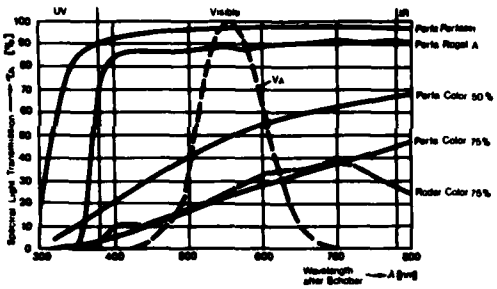


Fig. 2

Light transmission of different glasses and spectral brightness sensitivity of the eye under daylight conditions.

Therefore it is sufficient in general when comparing sun glasses to subtract the degree of transmission at 555 nm from 100 and this will indicate the characteristical absorption. Care must be taken to insure that sun glasses will transmit visible energy in all wavelengths as uniformly as can be, but will absorb UV and IR energy to as high a degree as possible.

Colored filters

The color of the glass is of secondary importance in comparison with the optical quality of the image. The reason that a green sun glass looks green is that it absorbs a higher percentage of the other colors than it does of the green. It allows the green to pass through. The same is true of other colored sun glasses. They permit different amounts of light of different wavelengths to pass. They may also lead to color adulterations, since they absorb only certain energies in the visible range and let others pass through almost unchanged. Thus, they are questionable for physical reasons. One such type of an unsuitable filter is, for example, a cadmium-coated lense (Fig.3)

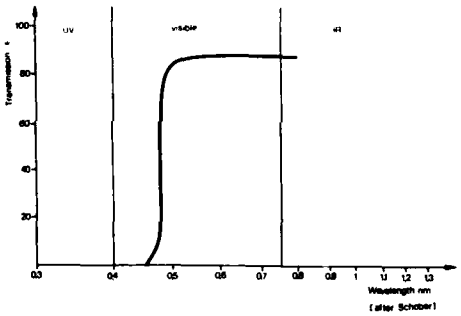


Fig. 3

A typical yellow filter (cadmium) and its transmission resp. absorption in % in the spectrum of various wavelengths.

In the shortwave range this filter absorbs all radiation. Bluish contrasts are therefore not recognized at all. The environment looks yellow. This type of color filters is frequently used in snow glasses for skiing. Colored filters having nor larger absorption gaps initially cause changes in colors because they allow only certain colors to pass. These color changes, however, are neutralized within a few minutes as a result of the persistence of color equations (von Kries' Law) and because of the color adaptation of the visual sense, so that all colors appear again in their natural hue. In spite of this, color examinations of subjects should always be performed with untinted and clear lenses since, for example, at the anomaloscope the anomaly quotients may be displaced depending on the degree of absorption and may extend into a range which by our standards disqualifies for flying duty. In practice glasses having brownish, greenish or grey-blue colors have acquired a dominant place.

Neutral filters

On the other hand, neutral filters absorb approximately equal amounts of all wavelengths of light - as much of the red as of the green, the blue or any other color. For this reason they appear grey. However, all grey-appearing filters are not necessarily neutral. They darken a scene without changing its colors. Ideal sun glasses should incorporate the following features (3, 10, 11):

Requirements for lenses of sun glasses:

1) Reduced light intensity.
2) Transmission of all visible radiation, but dimming of all UV and IR energy
3) No color distortion.
4) Possible correction of fraction errors.
5) True image, no distortion.

Requirements for sun glass frame:

1) Rugged against physical influence.
2) Non-reflecting thin frame.
3) Combatibility with head gear and flying equipment.
4) Inexpensive, minimum care.

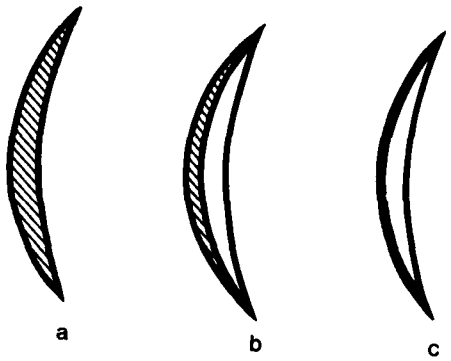
Main types of sun glasses

The following main types of sun glasses are presently in use (3, 10, 11, 12):

1) Filters made of glass
   a) lenses tinted throughout
   b) flashed lenses
   c) anti-reflection coated lenses
2) Plastic filters
3) Polarising filters
4) Photochromic filters
5) Graduated filters

1. **Filters made of glass**

In lenses tinted throughout with higher refraction effects the distribution of the absorption effect is not uniform because of the different thickness of the lenses. A uniform distribution may only be achieved by vacuum evaporation of absorbing layers or through flashed lenses. By coating with additional interference layers a considerable elimination of surface reflexes can be attained (Fig. 4).



The three main types of sun glasses presently in use:

a) Glass tinted throughout
b) Flashed glass
c) anti-reflection coated glass

Fig. 4

2. **Plastic filters**

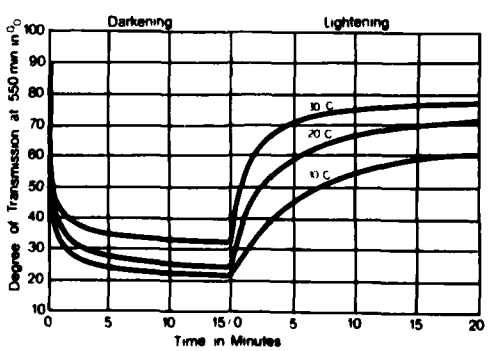
Glasses made of plastic materials may be produced in all colors and absorptions. Because of their little weight and impact resistance they are suitable materials for some glasses and especially for pilots. The disadvantage is that they are very sensitive to scratches and expensive.

3. **Polarizing filters**

Polarizing filters transmit only light that is vibrating in a certain direction. They absorb light vibrating in other directions. They are not neutral in that they pass more light of certain wavelengths than of others. Polarizing filters pass about 30% of light unless they are polarized in one particular plane. For this reason they require a combination with other types of filters to be effective as a general purpose sun glass. They are also mostly made of plastic material. They are best suited to reduce the various kinds of glare described above. There are, however, difficulties in cases stress patterns in aircraft transparencies interfere, such as in windshields and/or canopies, which reduce visual acuity. This makes them unsuitable particularly for pilots (9).

4. **Photochromic filters**

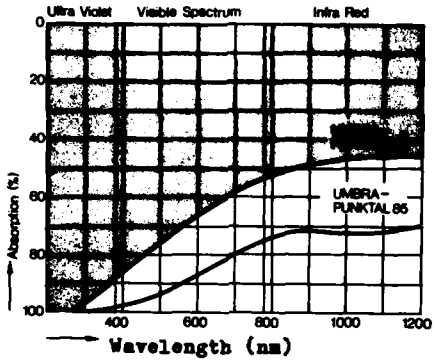
also called phototropic lenses, are generally well accepted (12, 13, 14). One of their features is, that light transmission has no unchanged, static value in any range of the visible spectrum. It changes depending upon the intensity of incident radiation, which requires shortwave portions, and is highly temperature-dependent. Phototropic filters contain light-sensitive silver halides which under light exposure are split up into their constituents which in turn produce opaque, metallic silver, similar to the processes observed in photographic films. In filters the reaction constituents of the basic substance remain in the immediate vicinity because of the firm linkage and when the stimulating radiation disappears, they again recombine to the original silver halide molecules and the filter again turns clear. On one hand this process is temperature-dependent: At low temperatures the darkening of the filter occurs quicker and more intensive, whereas brightening takes place quicker under high temperature (Fig. 5).



Kinetics of darkening and lightening of colormatic glasses under different temperatures as found under standard laboratory conditions.

Fig. 5

On the other hand the darkening of the filter takes place considerably faster than the brightening. These filters are offered in variable absorption capacities, e.g. 15/70 or 10/60. This means that these filters will never obtain full transmission of 95 - 100 % and will only reach the capacity of 85 - 90 % after longer periods of time (hours) (Fig. 6).



Light absorption of UMBRAPUNKTAL 65 and UMBRAPUNKTAL 85 glasses in the spectrum of various wavelengths.

Fig. 6

Such filters are agreeable for activities on the ground (games and sports) as long as no sudden changes in luminance occur, under which reactions nevertheless have to be prompt and safe. This is the case in flying (penetration into clouds) but also when driving an automobile (entering a tunnel or when operation on a road lined by trees). I do not consider photochromic glasses as suitable for activities of such a nature. Another disadvantage is the higher weight of the glasses (appr. 30 %) which may be cumbersome when wearing them for longer periods and especially when G-forces are sustained.
Just to be complete I wish to mention the higher price.

5. Graduated filters
These types of glasses are coated from top to bottom with varying intensity (15). They are pleasant to wear on the ground since the blinding bright light normally comes from above. In an aircraft above the clouds and at higher altitudes the effect of brightness is reversed. Blinding comes from below and hits the upper retinal portions which are more sensitive than the lower ones. In sun glasses graduated tinting from top to bottom offers no protection under certain flying conditions. For the pilot flying on top of the clouds for instance glasses should rather be tinted darker on the bottom than on the top with diminishing intensity.
All sun glasses mentioned so far are inferior to the integrated visor on a flying helmet. The visor may be replaced rapidly when the need arises. Pilots should therefore use this protective gear when flying.

In the Federal Armed Forces sun glasses are issued to: 1) Flying personnel, 2) ATC personnel, 3) Vehicle operators, (4) Flight line mechanics. They serve to protect the eyes against UV- and IR-radiation and avoid absolute blinding and bleaching of the vision purpur and thus contributes to flying safety (Fig. 7).

German Aviator's sun glasses

Fig. 7

References

1) SCHOBER, H.: Das Sehen, Bd. 2, 2. Aufl., VEB Fachbuchverlag Leipzig (1964)
2) SCHOBER, H.: Strahlung und Auge, Süddeutsche Optiker-Zeitung, Stuttgart, Nr. 8 (1959)274-283
3) TREDICI, Th.J.: USAF Aviator Glasses-HGU-4/P (History and Present State of Development) AGARD-CP-191 (1976) C 4-1 to C4-5
4) DUKE-ELDER, W.S.: System of Ophthalmology, IV, (1968)
5) WHITESIDE, Th.C.D.: The Problem of Vision in Flight At High Altitude, published by AGARD 1957
6) CURTIS, J.D.: Visual Problems of High Altitude Flight, published by AGARD (1962) 39-44
7) HECHT, S., HENDLEY, C.D., ROSS, S., RICHMOND, P.N.: AMER, J. Ophthal. 31, (1948) 1573
8) MERCIER, A.: La Vision Daus L'Aviation D'Aujourd 'Hui, published by AGARD (1962) 1-17
9) Department of the Air Force: AF Manual 160-1 (1962) 16-2 to 16-6
10) Ophthalmology Brand USAF, School of Aerospace Medicine Brooks AFB Texas: Filters and sun glasses, Handout OP-16 (1973)
11) SCHOBER, H.: Wann soll man Sonnenbrille tragen? Triangel, Bd.V, Nr. 6 (1962) 252-259

12) GELINUS, S.: Phototrope Brillengläser, Vortrag gehalten in Zürich an der Generalversammlung 1970 des Berufsverbandes der Schweizer Augenoptiker mit höherer Fachausbildung (1971)
13) RODENSTOCK: Colormatic S (15/75) Optische Werke G. Rodenstock München 1978
14) ZEISS: Informationen für Augenärzte Nr. 5 (1977).
15. GHISUM, G.T.: Integration of Aviator's Eye Protection and Visual Aids AGARD-CP-191 (1976) C2-1 to C2-5.

PROBLEMS ARISING FROM THE WEARING OF HEAD EQUIPMENT

Colonel Robert E. Forgie, Head, Division of Ophthalmology
National Defence Medical Centre, Ottawa, K1A 0K6, Canada

SUMMARY

The major problems associated with wearing of helmets and oxygen masks are listed. Some of the methods of dealing with the non-optical problems are mentioned. The optical problems are dealt with in more detail and a review of the hypobaric chamber and human centrifuge experiments with soft contact lenses is given together with observations on the use of soft lenses in aircraft. The advantages, disadvantages, complications and limitations of soft contact lenses in military aircrew are discussed briefly with the conclusion that there is a useful if limited role for soft contact lenses in selected military aviators.

INTRODUCTION

The purpose of this presentation is to review the problems associated with the wearing of head equipment by aircrew and to describe briefly our attempts in the Canadian Armed Forces to deal with some of these problems. The major difficulties associated with the head equipment required in modern aircraft are:-

a. Mechanical Problems
   Weight - general discomfort of any heavy object on the head.
   - increased danger of acute flexion injuries of the neck during violent -Gz acceleration or lateral acceleration.
   - aggravation of low frequency vibration problems.

b. Insulation Problems
   Noise - tight fit needed for adequate sound insulation.
   Thermal - heat stress with chemical warfare gear.

c. Optical Problems
   Loss of peripheral visual field.
   Incompatibility with spectacles.
   Visual inundation of aircrew by adding more and more visual data to be processed - head mounted displays.

d. Psychological Problems
   Claustrophobia produced by totally enclosed types of helmet.

The problems of designing helmets which are light and yet strong enough to give adequate protection from injury are considerable but will not be discussed here. The need for special head protection in the chemical warfare environment has produced problems with heat build-up and may limit mission duration unless head cooling devices are incorporated - a solution which compounds the weight problems.

The question of noise insulation is important because this is a significant fatigue factor, causes problems in accurate communication and is a major distractor in the flyer who already has a massive sensory load to deal with. Proper design and fitting of headphones and microphones and electronic noise suppression in radios reduces these problems.

Many of the mechanical and insulation problems are solved by helmets which enclose the head completely and are supported on the shoulders. These helmets have been used extensively in space exploration missions but they induce claustrophobia in some subjects and are less acceptable to aircrew than the open front types of helmet.

OPTICAL PROBLEMS

There is increasing use of head-up displays and of helmet mounted displays in high performance aircraft. These avoid the problems of unnecessary head movements and time lost in visual search and scanning in the cockpit but consideration must be given to the possible problems of inundating the flyer with a mass of visual data which may impose an unacceptable load. The importance of peripheral visual field input in the exacting task of nap-of-the-earth flying is receiving attention now and care will be needed to avoid giving the aircrew visual tasks which may detract from the peripheral visual input which appears to be vital in high speed low level flight and in low level helicopter operations at night.

The return to the hot pursuit type of role for fighter aircraft, much as in World War Two aerial combat situations, has reminded us of the vital role of active scanning and visual search of the sky. The importance of unobstructed peripheral vision is obvious. Totally clear aircraft canopies are a step in this direction although they

bring with them the problems of peripheral distortion, colour dispersion and severe halo effects from surface scratches.

With regard to helmets the problem is to achieve the optimum balance between the amount of the cut away portion of the helmet and the required mechanical protection of the head. Closer fit of the helmet to the head allows improved peripheral vision but some spacing is required for the necessary insulating and supporting material.

This bring us to the more mundane question of the pilot or navigator who requires an optical correction to function properly. In spite of the best efforts to screen aircrew applicants and select only those with good uncorrected vision there are some who develop myopia during their flying career and of course all will develop presbyopia sooner or later. Withdrawing the flying category of these highly trained individuals is not practical. Some restriction in the type of military flying they are allowed to do may be appropriate. The problems created by spectacles in aircrew will be summarized and our experience since 1977 in solving these problems with the use of soft contact lenses is outlined.

The problems created by wearing spectacles have been described by Crosley (1) and include the following:-

a. Spotting and fogging of lenses by rain and atmospheric temperature changes.

b. Impaired peripheral vision due to frames and prism effect of lens periphery.

c. Annoying reflections from the rear surface of lenses.

d. Possibility of revealing reflections from front surface of lenses in combat.

e. Possibility of ocular injury from broken frames or lenses.

f. Loss of glasses in severe turbulence or explosive decompression.

g. General discomfort and inconvenience of an extra piece of equipment on the face and slippage under G loading.

h. Loss of sound insulation and discomfort of temple pieces under headphones.

i. Incompatibility with gas mask and with optical equipment such as night vision goggles, sextants, gyro-stabilized binoculars and sighting devices.

More than twenty years ago the value of hard (polymethylmethacrylate) contact lenses in the military environment was studied by Tournour (2). Our studies have been with soft (hydroxy-ethylmethacrylate) lenses only. It was felt that the increased chance of corneal abrasions, easy loss of the hard lenses from the eye and the significant incidence of spectacle blur make the hard lenses unsuitable for military aviators.

In 1977 some preliminary studies were done with ten volunteers in the hypobaric chamber to evaluate comfort, stability of vision and gas bubble formation during rapid ascent. The lenses used were 14 mm diameter lenses with a water content of 55%. The only finding of note in this study was minimal gas bubble formation under the lens periphery in two subjects during ascent at 5000 metres per minute (16000 feet per min.) from ground level to 8000 metres (25000 feet). These bubbles were very small, visible only with the slit-lamp, limited to the limbal sulcus and in no way interfered with vision or with positioning of the lens on the eye. The bubbles disappeared within ten minutes at an altitude of 8000 metres (25000 feet). The initial chamber run lasted only 1 hour 51 minutes during which time none of the subjects experienced any significant drying effect in an atmosphere with relative humidity of less than 2%. Eng (3) has reported that 50% of flight attendants wearing soft contact lenses experienced some eye irritation between take-off and two hours into the flight and that this had risen to 85% by five hours. In these cases atmospheric pollution by tobacco smoke was considered a singificant irritant.

The results of these preliminary studies were similar to those reported by Chevaleraud (4) and encouraged us to proceed with actual trials in aircraft. Initially only navigators or pilots flying with or as co-pilots were allowed to fly wearing the lenses. The volunteers were monitored regularly by an ophthalmologist and any subject who developed any problem was dropped from the study. The types of aircraft flown by subjects in the study included helicopters, B-707, Cosmopolitan, Buffalo, Argus, Orion, Nimrod, T-33, CF-5 and CF-104. Twenty eight subjects were followed for periods from six to twenty four months at which time a survey was made with the following results.

6 subjects were dropped from the study leaving 22 for evaluation
6 subjects were extremely enthusiastic
11 subjects were satisfied
5 subjects were not really happy but continued the trial

77% successful. 23% unsuccessful.

The reasons for subjects being dropped from the trial were one or more of the following:

Inadequate or unstable vision
Too much trouble to look after the lenses
Tendency for eyes to feel dry after several hours in the aircraft
One subject felt psychologically insecure without his glasses.

Various authors including Nilsson and Rengstorff (5), Tournour (2) and many others have reported on the effects of +Gz forces on contact lenses but without attempting to quantify the movement of the lenses. In 1980 we conducted a study in which the lens displacement was measured. The lenses used in this study were marked with a large white cross and were supplied through the courtesy of Titmus Eurocon Kontaktlinsen KG, Aschaffenburg, West Germany.

CENTRIFUGE STUDY - METHOD

Six healthy male volunteers were exposed to +Gz in the centrifuge at the Defence and Civil Institute of Envoronmental Medicine (DCIEM) in Toronto, Canada. Each subject was wearing lathe-cut soft lenses with a water content of 40%. The lenses were of hydroxymethylmethacrylate, 15 mm in diameter with an optical zone 13 mm wide. The base curve radius was 9 mm and was in all subjects flatter than the base curve of the lenses normally worn by the subjects, consequently a loose fit was obtained. Each subject was examined with a slit-lamp before and after the centrifuge ride to evaluate lens fit.

Each subject was given an initial run at 5G. Subjects who did not have significant discomfort due to the +G in the first run were given a second run to 6G. These acceleration forces were recorded at mid-gondola level. Each run lasted approximately 21 seconds. The G force was applied at a rate of 0.5G per second and the maximum G held for 3 to 8 seconds. Movement of the lenses was filmed with a LOCAM camera run at 200 frames per second.

The films were projected and the magnified displacement of the lenses measured along the z axis using the iris as a reference. The measurements were corrected to real values. The position of the lens in each eye at +1G, prior to the start of the run, was used as a zero value for subsequent measurements. Each measurement was graded as unusable, poor, fair, good, very good or excellent depending on the accuracy with which the measurement could be made. The mean and standard deviations were calculated for all data graded "good" or better. The distance from the centrifuge seat to the subject's eye level was measured and a value of 79 cm (31 inches) was used to calculate actual G forces at the eyes.

CENTRIFUGE STUDY - RESULTS

Usable data was obtained from 18 eyes. In 12 eyes the data related to the 5G runs (actual maximum at the eye level +4.2Gz) and in 6 eyes to the 6G runs (actual maximum at the eye level +5.1Gz).

Table 1 shows all data from the 5G runs.
Table 2 shows all data from the 6G runs.
Table 3 shows selected data from the 5G runs.
Table 4 shows selected data from the 6G runs.

It was observed that the soft contact lenses were displaced along the z axis during the +Gz exposures. In four of the eighteen eyes there was an upward displacement of the lens from 0.3 mm to 0.8 mm at some time during the run, generally at the time of maximum G stress and probably explained by lid tightness, squeezing and blinking. In fourteen of the eighteen eyes there was downward displacement of the lens which varied from 0.1 mm to a maximum of 3.4 mm. The amount of lens displacement between subjects was highly variable and affected by blinking, facial tensing and lid tightness but in no subject was the slippage sufficient to leave the pupil uncovered by the optical zone of the lens.

CENTRIFUGE STUDY - CONCLUSIONS

Standard 15 mm hydroxy-ethlymethacrylate soft contact lenses are suitable with respect to +Gz forces for use by aircrew who do not experience more than +5.1Gz at eye level.

In addition to this experimental data we have isolated reports from pilots who have experienced Gz forces ranging from -3 to +7 with no detectable slippage of their soft lenses.

The question of low partial pressures of oxygen continues to be of interest notwithstanding the advent of highly gas permeable soft contact lenses. We had observed no serious problems in our preliminary chamber studies in 1977 but the runs were of short duration. Eng, Rasco and Marano (6) studied 8 volunteers wearing soft lenses at simulated altitudes up to 9144 metres (30000 feet) for 3 hours and found no adverse effects on visual acuity, refraction, biomicroscopy or keratometry. On the other hand, Hapnes (7) found that all 5 subjects wearing soft lenses exposed to a simulated altitude of 6000 metres (18000 feet) for four hours showed debris in the tear film on slit-lamp examination. Three of the 5 subjects experienced subjective irritation and one developed discomfort, photophobia and lacrimation severe enough to terminate the experiment.

HYPOBARIC CHAMBER STUDY - METHOD

Three experiments were done at the DCIEM hypobaric chamber in 1980. The first run was to a simulated altitude of 8000 metres (25000 feet) for 2.5 hours using nine soft lens wearers and two subjects as controls. The second run was to 3000 metres (9000 ft.) for 6 hours using eight lens wearers and two control subjects. The third run was an explosive decompression to 3330 metres (10000 feet) using eight lens wearers and no controls. All the lens wearers were accustomed to wearing soft contact lenses. The rates of ascent were 1700 metres per minute (5000 feet per minute) during the first two runs and approximately 6700 metres per second (20000 feet per second) during the rapid decompression. All rates of descent were 1700 metres per minute (5000 feet per min.). These hypobaric conditions were felt to reflect accurately the pressure environments normally experienced by Canadian Forces aircrew.

During the 8000 metres (25000 feet) run the chamber oxygen level was monitored continuously using a BIO-MARINE OM 300 oxygen meter. Before and every two hours during the 8000 metre and 3000 metre runs each subject was evaluated for:-

a. Distant and near visual acuity using Snellen type
b. Slit-lamp examination for:-
   - Lens position and movement
   - Gas bubble formation
   - Globe injection
   - Tear film debris
   - Corneal thickness (Haag-Streit pachometer)
c. Tear film samples for microscopy
d. Subjective symptoms concerning any ocular discomfort or other visual complaints

In the expolsive decompression the subjects were examined in the chamber immediatly after the decompression using the slit-lamp. Corneal thickness was not measured and no tear film samples were collected.

The observations of globe injection, tear film debris and fluorescein staining were graded as follows:-

+ absolutely minimal changes; have to look hard to see them
1+ minimal changes; easily seen
2+ mild changes
3+ moderate changes
4+ severe changes.

At the conclusion of the 6 hour run the contact lenses were removed from the subjects eyes and the corneas examined after staining with fluorescein.

HYPOBARIC CHAMBER STUDY - RESULTS

During the 8000 metres (25000 feet) run the oxygen tension rose to a maximum of 24.8% shortly after reaching altitude but within 30 minutes stabilized at 22.6%.

Results of 2.5 hour run at 8000 metres.

No significant changes in vision, lens position and movement, or corneal thickness.

No gas bubbles at any time.

Neither control subject reported any eye discomfort.

At the start of the run one lens wearer reported mild burning of both eyes. This had disappeared by the end of the run.

After 2.5 hours the controls had no discomfort but 4 of the 9 lens wearers (7 eyes) complained of slight burning.

Results of 6 hour run at 3000 metres.

No significant changes in vision, lens position and movement or corneal thickness.

No gas bubbles at any time.

No subject had any discomfort at start of the run.

After six hours both control subjects complained of dryness in both eyes.

After six hours one lens wearer of the eight complained of dryness in both eyes and slightly hazy vision in both eyes. His measured visual acuity was unchanged from the pre-run values.

Globe injection - there was no significant change in globe injection during the 2.5 hour run. During the 6 hour run the lens wearers showed slight increase in globe injection. Control subjects also showed slightly increased globe injection but to a lesser extent.

Tear film debris - minor changes were noted in the tear film debris in both controls and lens wearers during the runs but there was no clear evidence that the tear film debris increased significantly as the runs progressed.

Fluorescein staining - after six hours at 3000 metres (9000 feet)
4 control eyes showed no staining
18 test eyes - 3 showed no staining
11 showed + staining - absolutely minimal
2 showed 1+ staining - minimal
2 showed 2+ staining - mild.

Microscopic examination of tear film samples was done on samples taken prior to the 6 hour run and at 2, 4 and 6 hours into the run. The slides were fixed in alcohol, stained with Papanicolau stain and examined by one observer who was not aware of the source or timing of the samples. Epithelial cells, polymorphonuclear leucocytes and lymphocytes were identified and counted. The results were evaluated statistically and found to be so widely variable that there were no significant differences in the numbers between lens wearers and controls or between the beginning and end of the experiment.

HYPOBARIC CHAMBER STUDY - CONCLUSIONS

Although subjects experienced minor discomfort and showed some tear film debris after exposure to simulated altitudes of 8000 metres (25000 feet) for 2.5 hours and of 3000 metres (9000 feet) for 6 hours in no case was there any problem sufficient to potentially interfere significantly with aircraft control. Visual acuities were not affected.

COMPLICATIONS & LIMITATIONS OF SOFT LENSES

The subjects selected for these trials were all briefed most carefully and were followed closely by their flight surgeons and ophthalmologists until satisfactory wear of the lenses was achieved. There have been no seroius complications to date. One subject, a transport pilot, experienced delays en route and wore his lenses for over 16 hours soon after he started in the study. He had very little discomfort until he removed the lenses but had sustained bilateral corneal epithelial damage sufficient to produce blurring of vision and discomfort which kept him out of action for 24 hours. He recovered completely.

Our experience with toric soft lenses is very limited but we have been disappointed with them. They are less comfortable than the spherical lenses and stability on the cornea is still a problem. We have used extended wear lenses (75% water content) in only a few cases and do not have sufficient data to be significant. The subjects who have used these lenses have been very satisfied with them and they may have a place in aircrew who are on round-the-clock standby and who have to "scramble".

FINAL CONCLUSIONS

It is desirable to select aircrew who do not need to wear any optical correction. Selected aircrew can wear soft contact lenses and operate without any problems in a wide variety of military aircraft. Those aircrew who adapt to soft lenses are generally very pleased with them particularly with regard to the improved peripheral vision, freedom from spotting and fogging of spectacles, greatly improved comfort of headphones and the compatibility with special optical devices. Notwithstanding the enthusiasm of the subjects in our trials the following disadvantages exist:-

General disadvantages compared with spectacles
More trouble to look after
More expensive to provide and maintain
Visual acuity sometimes less than optimum

General disadvantages - continued
- Uncomfortable for some subjects
- Infrequent but serious complications such as corneal vascularization and infected corneal ulcers.

Specific disadvantages in military environment
- Hygiene problems in field conditions
- Aircrew on alert status need to sleep with lenses in
- Irregular schedules and long missions
- Exposure to toxic fumes and chemical warfare agents

There are serious complications associated with soft contact lens wear although these are rare. Permanent visual loss from corneal scarring due to Pseudomonas infection has been reported. If corneal vascularization does not prove to be a problem the extended wear lenses may be safer than ordinary soft lenses because of reduced handling and therefore reduced chance of contamination.

The comments in this paper are those of the author and in no way reflect any official policy of the Canadian Forces Medical Service.

REFERENCES

1. Crosley, J.K., Braun, E.G. and Bailey, R.W. Soft (Hydrophilic) Contact Lenses in U.S. Army Aviation. An Investigative Study of the Bausch and Lomb Soflens. Amer. J. of Optom. and Physiol. Optics. 51: 470-477, 1974.

2. Tournour, N.C. A Functional Investigation of Corneal Type Contact Lenses. Royal Canadian Air Force Report IAM # 60/1, 1960.

3. Eng, W.G. Survey on Eye Comfort in Aircraft: 1, Flight Attendants. Aviat., Space and Environ. Med. 401-404, April, 1979.

4. Chevaleraud, J.P. Aptitude au Vol et Lentilles de Contact Souples. AGARD Conference Proceedings No. 191, April, 1976.

5. Nilsson, K. and Rengstorff, R.H. Continuous Wearing of Duragel Contact Lenses by Swedish Air Force Pilots. Amer. J. of Optom. and Physiol. Optics. 56: 356-358, June, 1979.

6. Eng, W.G., Rasco, J.L. and Marano, J.A. Low Atmospheric Pressure Effects on Wearing Soft Contact Lenses. Aviat., Space and Environ. Med. 73-75, January, 1978.

7. Hapnes, R. Soft Contact Lenses Worn at a Simulated Altitude of 18,000 Feet. Report from Flymedisinsk Institutt, Oslo, Norway, 1980.

TABLE 1
All Data for 5G Runs

t	+Gz	+Ge	n	x	S.D.
0	1	1.0	12	0.00	0.00
2.35	2	1.8	12	0.37	0.42
4.7	3	2.6	12	0.57	0.51
7.05	4	3.4	12	0.57	0.51
9.4	5	4.2	12	0.71	0.69
10.4	5	4.2	12	0.83	0.76
11.4	5	4.2	12	1.05	0.82
12.4	5	4.2	12	1.03	0.77
13.4	5	4.2	12	1.12	0.87
14.4	5	4.2	8	1.44	1.10
15.4	5	4.2	8	1.24	1.17
16.4	5	4.2	4	1.39	1.07
17.4	5	4.2	2	2.41	0.00
19.5	4	3.4	12	1.17	0.89
21.6	3	2.6	12	1.03	0.99
23.7	2	1.8	12	0.69	0.93
25.8	1	1.0	10	0.71	0.83

TABLE 2
All Data for 6G Runs

t	+Gz	+Ge	n	x	S.D.
0	1	1.0	6	0.00	0.00
1.88	2	1.8	6	0.25	0.21
3.76	3	2.6	6	0.30	0.25
5.64	4	3.4	6	0.37	0.20
7.52	5	4.2	6	0.50	0.45
9.4	6	5.1	6	0.85	0.36
10.4	6	5.1	6	1.01	0.54
11.4	6	5.1	4	1.31	0.32
12.4	6	5.1	2	0.91	0.00
14.4	5	4.2	4	1.27	0.54
15.8	4	3.4	4	1.26	0.29
17.5	3	2.6	4	1.16	0.45
19.2	2	1.8	4	1.69	1.17
20.9	1	1.0	4	1.78	1.02

TABLE 3
Selected Data (Graded Good or Better)
For All 5G Runs

t	+Gz	+Ge	n	x	S.D.
0	1	1.0	12	0.00	0.00
2.35	2	1.8	10	0.36	0.44
4.7	3	2.6	12	0.57	0.51
7.05	4	3.4	12	0.57	0.51
9.4	5	4.2	11	0.75	0.71
10.4	5	4.2	11	0.82	0.78
11.4	5	4.2	11	1.05	0.82
12.4	5	4.2	11	1.04	0.84
13.4	5	4.2	12	1.21	0.81
14.4	5	4.2	9	1.24	1.19
15.4	5	4.2	10	1.03	1.14
16.4	5	4.2	4	1.39	1.07
17.4	5	4.2	2	2.41	0.00
19.5	4	3.4	11	1.14	0.92
21.6	3	2.6	11	0.98	1.02
23 7	2	1.8	12	0.69	0.93
25.8	1	1.0	8	0.85	0.85

TABLE 4
Selected Data (Graded Good or Better)
For All 6G Runs

t	+Gz	+Ge	n	x	S.D.
0	1	1.0	5	0.00	0.00
1.88	2	1.8	5	0.24	0.23
3.76	3	2.6	5	0.24	0.23
5.64	4	3.4	5	0.42	0.19
7.52	5	4.2	5	0.66	0.26
9.4	6	5.1	5	0.93	0.34
10.4	6	5.1	5	1.10	0.55
11.4	6	5.1	4	1.31	0.32
12.4	6	5.1	2	0.91	0.00
14.1	5	4.2	4	1.27	0.54
15.8	4	3.4	4	1.26	0.29
17.5	3	2.6	4	1.16	0.45
19.2	2	1.8	4	1.69	1.17
20.9	1	1.0	4	1.78	1.02

Key for above Tables

t = time in seconds
+Gz = acceleration at mid-gondola
+Ge = acceleration at eye level
n = sample size
x = mean displacement along z axis in mm.
S.D. = standard deviation of displacement

LASERS AND PROTECTION OF THE EYES

by

Dr D H Brennan
Royal Air Force Institute of Aviation Medicine
Farnborough, Hampshire, UK

SUMMARY

The diverse applications for lasers now pose a significant ocular hazard to military personnel. The consequences of over-exposure can vary from a gross burn, with an immediate and profound loss of vision, to an insidious loss of cone function.

This paper discusses the applications and characteristics of some of the lasers currently available and relates these parameters to the ocular tissues at risk. The probable visual consequences of laser induced pathology are considered together with the advantages and disadvantages of protective devices.

Accident procedures, codes of conduct and a hazard related examination protocol are also described.

INTRODUCTION

The word LASER is an acronym for Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

In the production of laser light suitable molecules are stimulated by the absorption of energy to make the transition from their unexcited or ground state to a higher unstable energy level. On decaying from the upper energy level to the stable ground state, energy is liberated in the form of photons of light. In a typical laser, such as the ruby, chromium atoms in the ruby rod are excited by light energy from a flash discharge tube to make the transition to the upper energy state. During the spontaneous decay to ground level, photons of red light at 694.3 nanometres are liberated. As the ruby rod is sited between parallel mirrors some of these photons are reflected backwards and forwards along the ruby rod and in so doing cause other excited molecules to make the transition to the lower energy state, liberating more photons so producing a cascade or laser reaction. If one of the mirrors is also partially transmitting, a pulse of red light will be emitted (Fig 1).

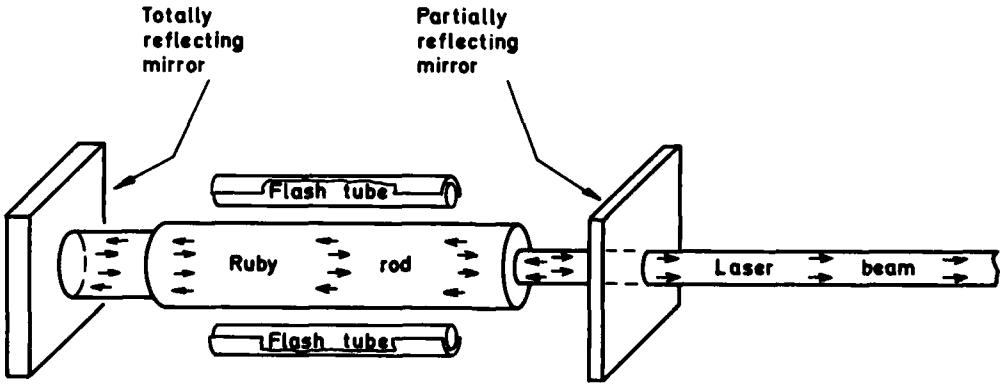


Fig 1. Schematic diagram of a pulsed laser

The wavelengths at which lasers emit are peculiar to the molecules in the lasing material and these extend from the near ultra-violet to the far infra-red. Of the diversity of wavelengths available only a few are in common use, particularly those in the visible band 400-750 nm. The argon laser emitting at 488 nm is used in such diverse fields as ophthalmic surgery and visual flight simulators; the helium-neon laser emitting at 632.8 nm is used in a variety of applications from optics to engineering and the ruby laser emitting at 694.3 nm is used in rangefinding and engineering. Outside the visible band the most widely used lasers are the carbon dioxide emitting in the far infra-red at 10.6 microns which is extensively used in engineering for welding, drilling and cutting operations, and is now finding applications in optical radar (lidar). The neodymium and gallium arsenide lasers emitting at 1060 nm and 900 nm respectively have found applications primarily in the field of rangefinding surveillance, and communications via fibre optics or by a covert line of sight link using binoculars.

Laser light although similar to that from conventional sources differs in some important respects (Fig 2). Laser beams are intense and highly collimated and are thus able to travel over large distances with minimal beam divergence. This property is used in mining and control of tunnelling or dredging equipment. The monochromaticity of laser light is used in ophthalmology where the blue light of the argon laser is selectively absorbed by haemoglobin in the coagulation of retinal vessels. The monochromaticity and consequent absence of chromatic aberration also allow laser beams to be focussed to produce image sizes as small as one wavelength. The coherent properties of laser light have found many applications in the fields of data processing, holography, communications, stock control and precision engineering. The intensity, collimation and monochromatic nature of laser beams are used in combination to produce very small intense spot sizes; this can result in temperatures of many thousand degrees centigrade. This thermal property is used in engineering for drilling, welding and cutting various materials, including those previously considered to be refractory.

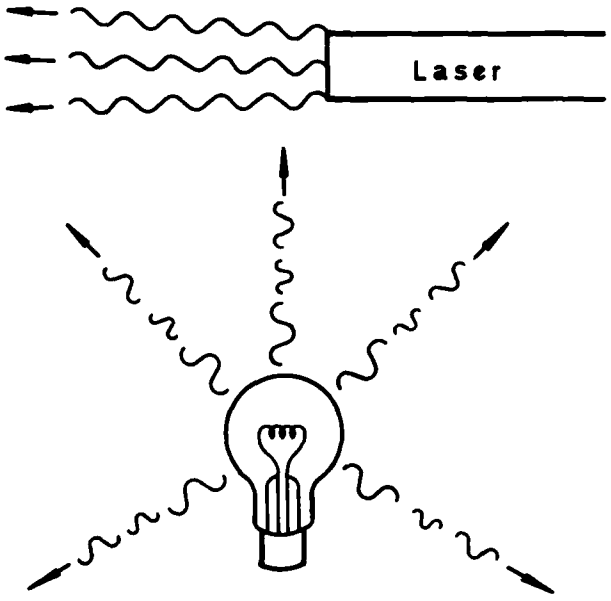


Fig 2. Comparison between conventional and laser light

Lasers may be operated in two modes, either continuous wave (CW) or pulsed. In general terms the gas or dye lasers usually operate in CW mode, whereas solid state lasers operate in a pulsed mode. Lasers may be operated in a 'Q'-switched mode where the pulses are extremely brief lasting only nano or pico seconds, or else in a normal mode where the pulses are of a much longer duration 0.1-1.1 milliseconds. It is possible for some CW lasers to mode lock and instead of emitting a continuous beam deliver a train of rapid pulses. This is difficult to detect and represents a special hazard.

BIOLOGICAL DAMAGE

Only that energy which is absorbed by a system is available to cause damage. Given sufficient power all biological tissues are at risk. The eye, however, is at special risk as although it is only adapted to perceive electro magnetic radiation in the very narrow band from 400-750 nm, it will refract light from 400-1400 nm bringing long ultra-violet to near infra-red radiation to a focus on the retina. Outside the band 400-1400 nm ocular tissues become progressively opaque and the energy is absorbed by the external tissues such as cornea, conjunctiva, sclera and skin. With the diversity of wavelengths at which lasers emit all ocular tissues and the adnexa are at risk (Fig 3). For this reason, and the importance of sight, most safety considerations are based on the ocular hazard. Table I lists the wavelengths at which some of the more common lasers emit.

TABLE I

Near Ultra Violet		Long Ultra Violet, Visible and Near Infra Red		Middle and Far Infra Red	
Laser Type	Wavelength (nm)	Laser Type	Wavelength (nm)	Laser Type	Wavelength (nm)
Xenon	173	Argon	488,514.5	Erbium	1540
Helium Cadmium	325	Frequency Doubled Neodymium	530	Holmium	2060
Nitrogen	337	Helium-Neon	632.8	Hydrogen Fluoride	2790
Frequency Doubled Ruby	347	Krypton	530,568,648	Deuterium Fluoride	3830
		Ruby	694.3	Carbon Dioxide	10600
		Gallium Arsenide	850-950		
		Neodymium	1060		

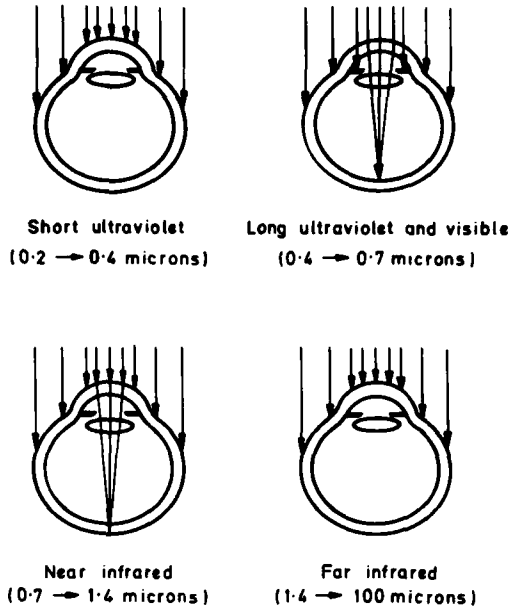


Fig 3. Transmittance characteristics of the eye

Hazards from Lasers Emitting Visible or Near Infra Red Radiation

Radiation from lasers emitting in the bandwidth 400-1400 nm is primarily absorbed by the pigmented structures within the eye and the degree of pigmentation varies both racially and individually. The most important pigment containing tissues are the retinal pigment epithelium and the choroid both of which contain melanin. Of lesser importance are the iris pigments, macular pigments and haemoglobin (Fig 4).

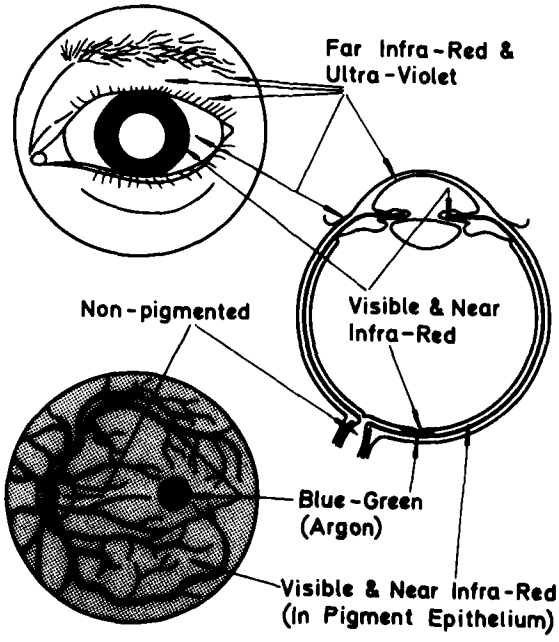


Fig 4. Wavelength band specificity of ocular absorption sites

Laser radiation is first refracted by the cornea which has an approximate power of +43 dioptres. The light is then incident on the iris, it is unusual with collimated sources for significant amounts of energy to be absorbed by the iris pigments, but with high power lasers or convergent beam geometry the iris could suffer burns, and this heat could be conducted in sufficient quantity to the underlying lens to cause an opacity or cataract. The iris acts as a limiting stop regulating the amount of light entering the lens through the pupil. The pupillary excursion normally varies between 3-7 mm but with drugs this may increase. The eye lens which has an approximate power of +20 dioptres continues the refraction commenced at the cornea and brings parallel beams of light to a focus at the retina. Under the most hazardous conditions the optical gain from cornea to retina may approach 4.5×10^5 (Fig 5). The laser light traverses the retinal neural layers until it is absorbed by the retinal pigment epithelium and choroid. The retinal pigment epithelium

also bears an intimate relationship to the photo sensitive outer segments of the rods and cones which it envelops.

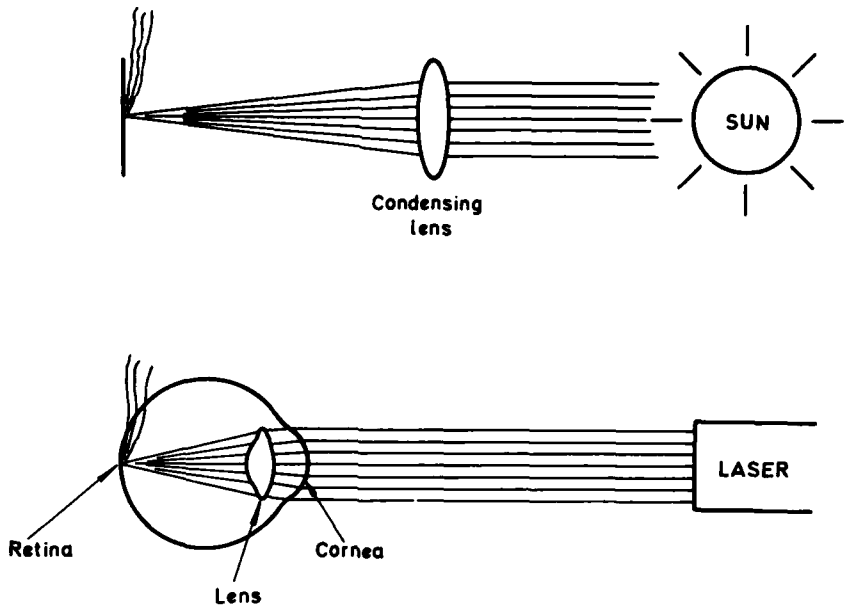


Fig 5. Comparison between the focussing of the sun's rays by a condensing lens and the refraction of laser light by the eye

Mechanisms of Retinal Damage

At threshold the mechanisms of retinal damage vary according to the duration of exposure. Ultra short exposures of sub nano second duration from 'Q'-switched lasers produce damage by micro explosions due to pressure transients caused by the rapid delivery of energy.

Longer exposures in the range micro-seconds to seconds produce damage by thermal means and here light energy is absorbed by the pigment melanin and is degraded, via molecular vibration, which is heat and this heat may also be conducted to adjacent structures, particularly the photoreceptors (Fig 6 & 7). Thermal damage to the retinal pigment epithelium may cause dysfunction in its role of metabolic support to the photoreceptor cells, and also may destroy the integrity of the blood retinal barrier.

Exposures longer than 10 seconds extending into days cause damage by absorption of energy by visual pigments resulting in an over bleach and membrane destabilisation with the consequent release of photo toxic-products into the photoreceptors and retinal pigment epithelium. Many of these photoxins are free radicles and may be scavenged by melanin and so neutralised. The pigmented races are thus better protected against long-term light damage than Caucasians, but are more at risk from thermal mechanisms. This may account, in part, for the natural geographic distribution of the coloured races.

Fig 6. Suprathreshold laser lesions with large vitreous haemorrhage produced by a neodymium laser

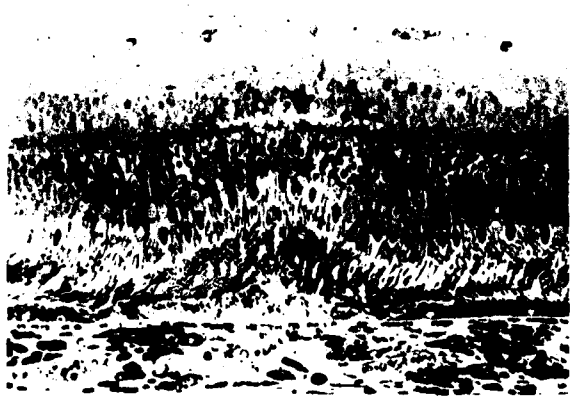


Fig 7. Photomicrograph of an ophthalmoscopically visible lesion produced by a neodymium laser

Hazards from Lasers Emitting Near Ultra-Violet or Far Infra-Red Radiation

The energy from lasers emitting in the near ultra-violet or far infra-red is absorbed by all biological tissues. The damage produced by these lasers is usually immediate, obvious and painful. The energy will be absorbed by the first tissue illuminated, which will be either the external surface of the eyeball or the ocular adnexa. The most significant tissue at risk is the cornea, as burns of this structure may result in a permanent scar in the long-term and intense pain and blepharospasm in the short term, immediately following the accident.

VISUAL CONSEQUENCES OF OCULAR DAMAGE

Cornea

The cornea is the window of the eye and the air corneal interface provides the majority of the refractive power of the eye. It is composed of 4 layers, an outer epithelium which will regenerate within 48 hours when damaged, a regularly ordered layer of fibrous lamellae called the stroma and a thin inner elastic membrane called Descemets which is covered by an endothelial coat. The total thickness of the cornea varies from 0.7 mm at its centre to 1.0 mm at the limbus or junction with the sclera.

Laser damage which is confined to the epithelium will regenerate within 2 days but such damage will be immediately painful and incapacitating. Deeper damage involving the stroma may result in a permanent opaque scar (Fig 8). If this scar is at the corneal centre it is likely to cause a severe visual deficit requiring a graft. The visual consequences of peripheral scars will vary with their distance from the visual axis. Damage to the deepest layers of the cornea may have an effect on the optical quality of the cornea as the function of the endothelium is to actively pump sodium ions and associated water from the cornea into the aqueous. If the endothelial cells are compromised water collects in the stroma which becomes oedematous and loses its transparency.

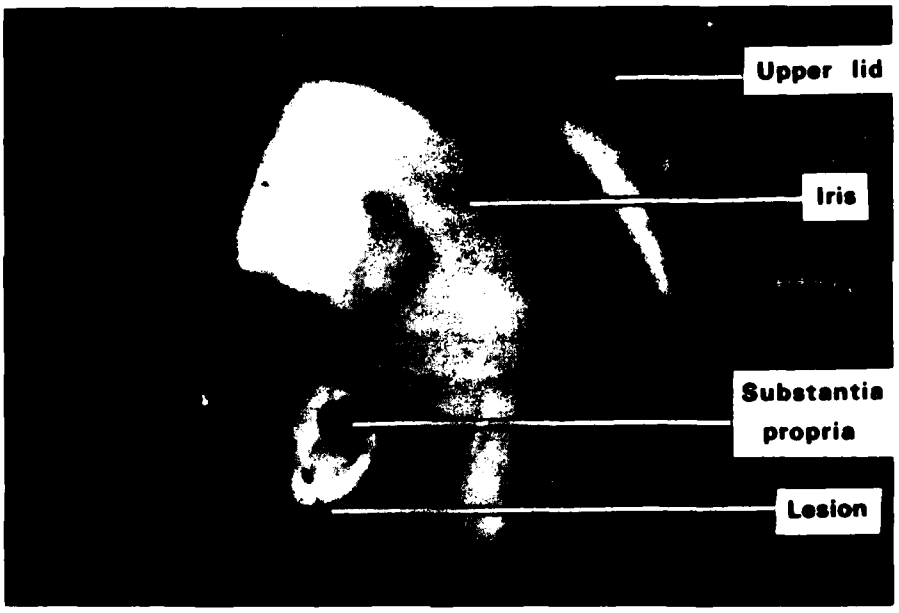


Fig 8. Corneal lesion extending into substantia propria (stroma) produced by a carbon dioxide laser

Iris

The iris is a pigmented contractile tissue which has a hole in its centre called the pupil. The colour of the iris is dependent on pigment, brown eyes being heavily pigmented whilst blue eyes are relatively lightly pigmented. Laser damage to the iris is relatively uncommon unless the laser beam is focussed on it, as in producing a laser peripheral iridectomy in the treatment of glaucoma. Burns of the iris may result in an inflammatory condition called iritis, but the most severe consequence of an iris lesion would be conduction of heat to the eye lens resulting in a cataract.

Retina

The retina is a thin transparent membrane which lines the posterior compartment except anteriorally and at the back where it is perforated by the optic nerve. The outermost layer of the retina is the pigment epithelium and this lies on the choroid. Inner to the pigment epithelium are the light sensitive receptors called rods and cones, inner to the rods and cones are the bipolar cells and their synaptic layers and innermost of all are the ganglion cells and their axons which converge on the optic disc. It will be appreciated that light in its passage to the photosensitive outer segments of the rods and cones has to traverse all the retinal nerve fibre layers. The reason for this anomaly is the necessity to satisfy the high metabolic requirements of the photoreceptors by positioning them next to the vascular choroid. There is a specialised area of retina known as the macula with the foveal pit at its centre. This area lies approximately 3 mm temporal to the optic disc and is used for all tasks demanding high visual acuity both form and colour, and is an area composed entirely of cones and this is the region of

retina you are using to read this paper. The rods which increase in density peripheral to the fovea, are used for night vision being highly light sensitive, when adapted, but they cannot differentiate colours or provide a good form acuity. If one considers foveal acuity as unity it is found that at 5° eccentric from the fovea the acuity has dropped to 0.25, at 20° eccentric to the fovea this figure has fallen to 0.05. It is damage to the macular region with which we are most concerned as it is cell damage here which causes the most profound effects on vision. Although the visual consequences of lesions fall, with increasing distance from the fovea it is possible to damage nerve fibre bundles, particularly those radiating from the fovea to the optic nerve, to produce visual deficits more severe than the lesion would suggest. Gross burns are also likely to cause a choroidal haemorrhage in which blood may flow into the vitreous with a catastrophic effect on vision, although this is likely to recover with time. As the retina does not possess pain fibres laser accidents may well go unnoticed particularly if the lesion is peripheral and produced by a near infra-red laser which is invisible.

There is a secondary absorbing site at the macula in the inner plexiform and nuclear layers where the blue/green wavelengths are selectively absorbed in the yellow macular pigment. These blue/green wavelengths produced by the argon and dye lasers are also absorbed by the haemoglobin of red cells within the retinal vasculature.

NATURAL PROTECTIVE MECHANISMS

The eye possesses protective mechanisms which may assist in limiting laser damage. Lacrimal fluid in common with biological tissue is opaque to the far infra-red wavelengths and to a limited extent the tear film will absorb and dissipate energy incident upon it. The cornea is richly innervated and any damage causes intense pain and triggers the sensory blink reflex within approximately 0.1 second, thereby limiting further damage. Bright light from visible lasers will stimulate the optical blink reflex but this is even slower than the corneal reflex and does not provide protection against pulsed lasers, but it may be of value with continuous wave lasers. The blink reflex times will increase with age or some drugs. A bright working environment may help to protect the retina by ensuring that the amount of energy entering the eye is limited by a small pupillary diameter. Normal eye movements, tremors and microsaccades, whilst again too slow to mitigate damage from pulsed lasers may be of assistance with continuous wave and repetitive lasers by spreading the energy over a wider area. The optical quality of the human eye is such that spot sizes smaller than 10-20 microns are unlikely to be achieved.

CODES OF PRACTICE

It is essential that all personnel be aware of the potential hazards associated with the equipment with which they are involved and that there is strict compliance with the safety measures and precautions elaborated in national codes of practice, such as British Standard 4803 (Ref 1) and authoritative publications on laser hazards and safety produced by bodies such as Agard (Ref 2).

Most safety codes for lasers emitting in the wavelength band 400-1400 nm are based on threshold studies for a single event thermal lesion, where ocular damage is related to wavelength, retinal image size, pulse duration and retinal energy density. Current codes of practice are related to ED 50 studies in primates based on ophthalmoscopically visible lesions with an added safety factor of approximately 20 times to take account of more sensitive endpoints for damage, such as fluorescein angiography or electron-microscopy. Current probability studies for damage based on the original data gives confidence in these figures.

STANAG 3606 (LAS) (Edition No 3) (Amendment No 4) Evaluation and Control cf Laser Hazards gives a laser system hazard classification and is reproduced below. In essence this divides lasers into 4 classes of increasing hazard; lasers which are eye safe, lasers which are safe when the exposure is limited by the blink reflex, lasers in which only the diffuse reflection is safe, and lasers where even the diffuse reflections are a hazard. Most lasers of military importance are Class 3 or 4. The tables and annexes defining protection standards may be obtained by referring to the original document.

Laser System Hazard Classification

All laser systems can be grouped into one of four classes, which indicate the degree of hazard potential based solely on laser output parameters, as follows:

a. Class I - Exempt. If the total output power or pulse energy concentrated into the limiting aperture, ie 7 mm for $\lambda < 1.4$ µm or 1 mm for $\lambda \geqslant 1.4$ µm, which could occur during intrabeam viewing with a magnifying optical instrument, does not exceed the appropriate Protection Standard at the laser transmitter optics exit aperture, then the laser system is classified: Class I - Exempt. This implies a nominal ocular hazard distance of zero and thus no further hazard evaluation is needed on Class I systems. See, however, Class III.a. below.

b. Class II - Low Power. The following laser systems are classified: Class II - Low Power:

(1) Visible (400 nm to 700 nm) CW laser devices with output power greater than 0.4 µW but equal to or less than 1 mW.
(2) Visible repetitively pulsed laser devices, which cannot emit enough energy to exceed the appropriate protection standard (Table D-I and D-IV) anywhere in the beam during a time interval which is the least of either 0.25 s or the maximum possible duration inherent in the system.

No further hazard evaluation of Class II laser systems is required.

c. Class III - Medium Power. These are laser devices which emit radiation that is hazardous to view directly or after specular reflection, but under normal viewing conditions are not hazardous after reflection from a diffuse surface. The following laser systems should be classified: Class III - Medium Power:

(1) Single-pulsed lasers, if the radiant exposure (H) per pulse at the transmitter optics exit aperture exceeds the appropriate Protection Standard (see Annex D), but falls below the values in Table B-I for diffuse reflections.
(2) All CW lasers which do not fall within Class I or Class II and whose power outputs do not exceed 0.5 W.
(3) For repetitively pulsed lasers of PRF greater than 1 Hz, it is necessary to determine the protection standards both for the pulse width and pulse train criteria (Table D-IV) If, after applying the conversion factor, the radiant exposure (H) at the transmitter optics exit aperture exceeds the figures in Table D-I, but if the device is not able to cause hazardous reflections from a Lambertian reflecting surface according to Table D-II and D-IV, then the laser falls into this class.

A special class IIIa is applied to laser devices which for intra-beaming viewing with the unaided eye appear to conform to the criteria of Class I - Exempt, but where the Protection Standard is exceeded for viewing with magnifying optical instruments (see paragraph 5b).

d. Class IV - High Power. These are lasers which exceed the upper limit of output power for a Class III laser and may therefore produce a hazardous diffuse reflection from targets near the laser.

More recent work has shown that codes based on a single event thermal lesion may not protect personnel exposed to long-term laser exposure. Noell (Ref 3) in 1965 discovered that the rat retina could be damaged by exposure to moderate light sources. Marshall (Ref 4) showed that pigeons exposed to moderate white light luminances suffered cone loss; he continued his work with fish (Ref 5) where he was able to selectively damage specific cones responding to one primary colour, by illuminating the aquarium with monochromatic light. Harwerth & Sperling (Ref 6) in their behavioural studies produced temporary and permanent colour blindness in monkeys following exposure to intense spectral sources. Ham (Ref 7) in his studies showed that retinal damage thresholds decreased for short wavelengths. Zwick (Ref 8) exposed 2 monkeys to very low luminances of argon laser irradiation on a hemisphere and was able to show that photopic visual function was substantially depressed and that recovery was minimal over a 12 month period.

Concern is now felt that current codes of practice may be inadequate to protect individuals exposed, for long periods, to sub-threshold levels of laser irradiation, particularly so with lasers emitting at the blue end of the spectrum. Many workers are involved in activities such as research, holography, data processing, laser light shows and laser scan visual flight simulation entailing exposure over long periods to sub-threshold laser irradiation, often from the argon laser. It is essential that further research into this hazard be undertaken (Brennan, Ref 9) (Fig 9).

Fig 9. View of argon laser scan camera and terrain model

PROTECTIVE EYEWEAR

Safety precautions should ensure that all non-essential personnel are excluded from a laser working area and that all specular reflectors are removed where possible. The working environment should be well lit to limit pupillary size and suitable locks and warning signs must be provided. Whenever possible lasers should be so constructed that their output is totally confined and interlocks designed to switch off power when the laser system is opened. There will, however, always be occasions when lasers are used in the field or when the laser beam must be exposed for technical reasons. In these circumstances the provision of protective eyewear should be considered.

Protective eyewear should comply with the specification in CEN/TC 85/WG 3 (Eye-protectors against Laser Radiation), and be designed to have the widest possible field of view, to be comfortable for long-term wear, to incorporate or allow the wearing of corrective lenses, and to be adequately ventilated to preclude misting. The filters should be of a high optical quality with the maximum luminous transmittance in both photopic and scotopic modes but weighted preferably to the CIE photopic luminosity curve. There

should also be the minimum interference with colour discrimination.

The filters should be boldly marked with the laser wavelength(s) at which they offer protection and with their optical densities (OD) at these wavelength(s). The filters should be incapable of being removed from their frames and be fracture-resistant, splinter-proof and non-flammable in accordance with national standards for protective eyewear. The filters must not lose their protective properties when irradiated by lasers or demonstrate any induced transmission. The filters should be regularly inspected for defects such as cracks or bleaching and tested to ensure their OD is being maintained.

Protective eyewear may be provided in the form of goggles, spectacles or visors (Fig 10). Goggles are the most widely used as they fit most personnel and some examples permit the wearing of corrective spectacles. Spectacles which may have plano or corrective lenses are probably the most comfortable and acceptable form of eyewear, but are expensive. Spectacles can be provided with side shields to prevent the ingress of unfiltered light but where the loss of lateral field of view may be more hazardous than the laser itself, as when used by aircrew, they should be omitted. The best form of protection for aircrew is to replace a glare or impact visor with one providing laser protection. Spectacles have one further advantage, it is easier to provide curved lenses by adopting a standard base 6 D curve. Curved lenses when reflecting laser beams will render them divergent; flat lenses will allow the beam to retain its collimation and may reflect hazardous radiation into the eyes of others. Dynamic devices such as the opto-ceramic shutter PLZT, with a closure time measured in micro-seconds, provide good protection against high energy light sources such as a nuclear flash. Their response time is, however, too slow to provide protection against the very brief pulses emitted by a 'Q'-switched laser.

An ideal filter would only absorb the wavelength(s) at which protection is required and would transmit freely across the remainder of the visible band. Such filters can be provided using reflective dielectric coatings; these filters are expensive, fragile and their OD varies with the angle of incidence of the laser beam. Protection is usually provided by absorption filters in glass, plastic or a laminate. Glass and glass laminates are considered to be preferable to plastic in terms of scratch resistance and optical quality. Absorption filters providing protection in the visible band are usually highly coloured and of a low luminous transmittance. If protection is only required against lasers operating in the near infra-red this can be provided with OD's varying between 3 and 7 at the Neodymium wavelength (1060 nm) with a luminous transmittance in excess of 60% and minimal colouration by adopting filters in a glass or a glass laminate. It is difficult to provide such protection in plastics alone without using dense and coloured absorbing pigments.

In the selection of laser protective eyewear it is essential to know the wavelength(s) against which protection is required and the maximum power or energy density to which the filter will be exposed, this can either be measured or calculated and will determine the OD necessary to protect the wearer. It is also important to ensure that the wearing of eye protectors does not cause a greater hazard than the laser itself, by preventing the recognition of warning lights or by restriction of field of view or a low luminous transmittance resulting in collision in laboratories or crowded servicing bays with high voltage or other dangerous equipment. It will also be appreciated that goggles which protect against a given wavelength will also preclude seeing a laser beam at that wavelength and this may be essential in servicing or for scientific purposes.

Fig 10. Selection of currently available laser protective eyewear and an aircrew helmet

MEDICAL SURVEILLANCE

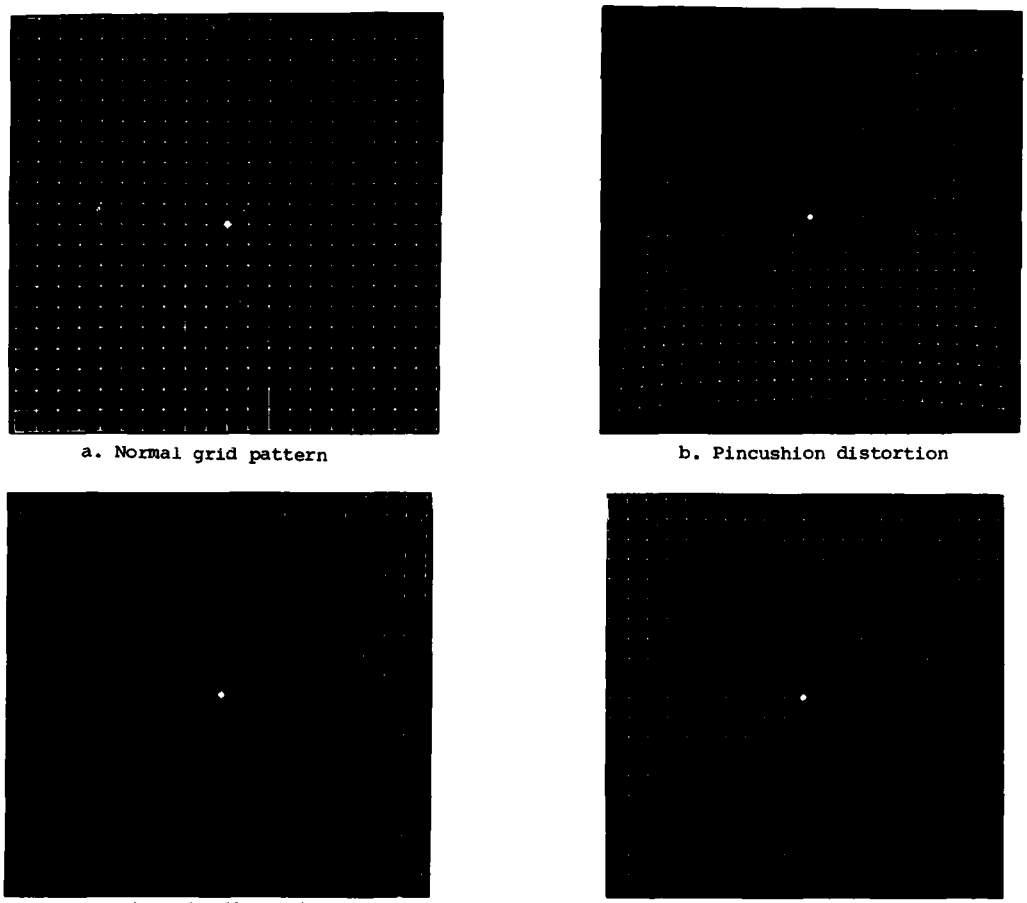
Lasers can produce ocular damage which is immediate, obvious and incapacitating but less severe damage may be undetected for years, only being discovered on a routine eye examination or when a field deficit is noticed. Insidious loss of cone function from long-term exposure may be progressive and only detected by sophisticated tests of photopic function.

Laser damage may be confused with naturally occurring ocular pathology. Retinal burns may resemble any condition causing oedema or areas of pigmentation or depigmentation, such as central serous retinopathy or focal choroiditis of differing aetiology. Heat induced lenticular opacities can mimic cataracts from other causes. It is also considered important to screen personnel so that those who are effectively uni-ocular or suffer from conditions such as uveitis may be advised of the risks of employment with lasers.

Although the primary reason for ocular examinations continues to be medico legal it is becoming increasingly important to ensure that personnel are monitored to ensure that an insidious and progressive loss of cone vision does not go undetected.

It is important to ensure that any eye examination and its frequency is both relevant to the hazard and that any investigations which are themselves unpleasant or hazardous are eliminated unless, like fluorescein angiography in accident procedures, considered essential.

For lasers operating in the ultra-violet or far infra-red it is only necessary to examine the structures such as lids, conjunctiva and cornea. For visible and near infra-red lasers it is necessary, in addition, to examine the iris, lens and most importantly the retina. Retinal examinations should be objective using an ophthalmoscope or similar and subjective by testing function with acuity and colour vision tests. A particularly valuable and simple examination is the Amsler grid, which is a white grid pattern printed on a black card and when held at 30 cm from the subject's eye subtends a visual angle of 10° around the fixation point. The Amsler grid will detect central and para-central scotomae and localised area of oedema (Fig 11).



a. Normal grid pattern

b. Pincushion distortion

c. Astigmatic distortion

d. Para central scotoma

Fig 11. Amsler grids illustrating visual defects which may be produced by a laser accident

Figs 14 and 15 detail an examination scheme for thermal lesions which is in current use for personnel at risk from Class III and IV lasers and excluding the time required for mydriasis can be completed within 20 minutes.

Long-term exposure to 'sub-threshold' laser irradiation particularly from the blue wavelengths emitted by the argon laser does not produce a thermal lesion which can be detected by conventional means and demands a detailed examination of photopic function. The investigations carried out at Farnborough include:-

1. Liminal brightness increment (contrast threshold) for white and blue light at photopic and scotopic luminances.
2. Grating contrast sensitivity.
3. Colour vision testing with Farnsworth Munsell 100 Hue Test.
4. Kinetic quantitative perimetry for white and blue targets.
5. Central visual fields for white and blue light stimuli.
6. Macula thresholds for white and blue stimuli.
7. Photopic portion of dark adaptation curves for white and blue light stimuli, following light adaptation.

It will be appreciated that foregoing investigations are time consuming and are not suggested as a routine procedure. In the investigation and research into new potential ocular hazards it is necessary to look for subtle changes in vision which may only be detected by such techniques.

ACCIDENT PROCEDURES

Whenever there is cause to suspect that a laser accident has occurred, the accident site should remain undisturbed until it has been investigated by a biophysicist who would attempt to determine the likely power or energy density which had been present at the worker's eye.

The patient should be examined using the same protocol as for his initial pre-employment medical. If the lesion can be seen, the extent of the visual deficit should be measured and recorded. If the patient has any visual deficit following an accident with a laser emitting in the bandwidth 400-1400 nm for which no cause can be found he should be investigated using the technique of fundus fluorescein angiography (Figs 12 & 13). It is important to remember that this technique depends for its success, in detecting damage below that visible ophthalmoscopically, on being carried out within 48 hours of the event.

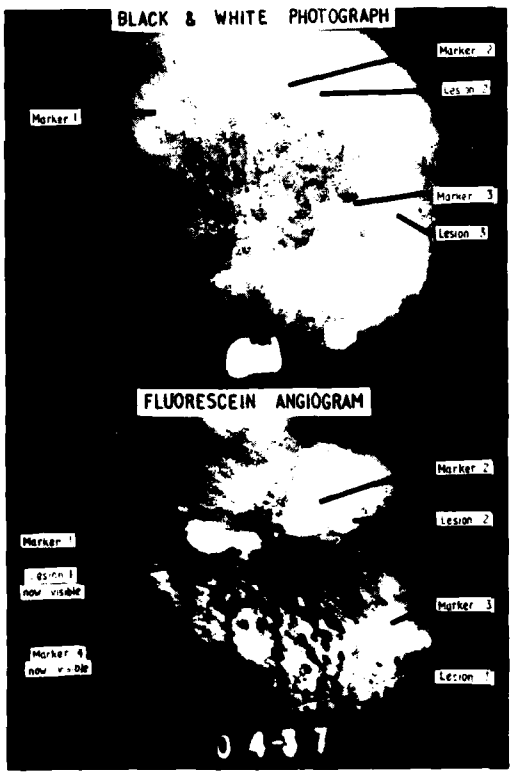


Fig 12. Comparison between conventional monochrome retinal photograph and fluorescein angiogram showing increased detection rate for laser lesions

Fig 13. Fluorescein angiogram of rhesus monkey retina with fluorescent lesions, one lesion being sited on the fovea

Fluorescein angiography is effective in detecting near threshold laser lesions by demonstrating the loss of integrity of the blood retinal barrier or retinal pigment epithelium. Heat is absorbed by the melanin within the pigment epithelium causing a shrinkage and pulling apart of the zonula occludens or tight junctions between individual pigment epithelial cells and allowing fluorescein to percolate from choroid to retina. The blood retinal barrier generally recovers within 48 hours of the insult. In animal studies using the rhesus monkey it has proved to be approximately 6 times more sensitive than ophthalmoscopy in detecting retinal damage from a 'Q'-switched neodymium laser (Borland et al., Ref 10).

Examination date .....Date of starting/ending laser work .....

Name ..... Age .....

Address .....

Place of work .....

Laser Type *	Maximum Output	Class	Special Features
Worker Hazard Rating	High	Medium	Low
	Delete above where applicable		

Ocular history .....

.....

.....

.....

Entoptic phenomena .....

.....

Relevant general medical history .....

.....

.....

	Tick where applicable			
	Right		Left	
External Appearance:	Normal	Abnormal	Normal	Abnormal
1. Lids	.....	.....	.....	.....
2. Conjunctiva	.....	.....	.....	.....
3. Cornea	.....	.....	.....	.....
4. Sclera	.....	.....	.....	.....
5. Iris	.....	.....	.....	.....
6. Pupillary size	.....	.....	.....	.....
7. Pupillary reactions	.....	.....	.....	.....
	Far	Near	Far	Near
8. Visual acuity unaided	.....	.....	.....	.....
9. Visual acuity with correction	.....	.....	.....	.....
Correction prescription	.....		.....	
Refraction if V.A. achievable less than $^6/_6$ $^6/_6$		$=^6/$		$=^6/$
	Normal	Abnormal	Normal	Abnormal
10. Amsler grid	.....	.....	.....	.....
Colour Vision:				
11. Lantern (1-3 minutes visual angle) and/or	.....	.....	.....	.....
12. Pseudo isochromatic plates				
	Accepted		Refused	
13. Mydriasis				

Fig 14. Examination scheme for laser workers (Part 1)

	Right			Left		
	Normal	Abnormal		Normal	Abnormal	
Slit Lamp:						
14. Cornea	.....	.....		.....	.....	
15. Iris	.....	.....		.....	.....	
16. Lens	.....	.....		.....	.....	
17. Fundus						
	Taken	Not Taken		Taken	Not Taken	
18. Fundus photograph of posterior pole						
	High	Med	Low	High	Med	Low
19. Ocular pigmentation						
Additional examinations at discretion of examiner, e.g. 20. Central fields 21. Applanation tonometry 22. 23. 24.						

Narrative description of any abnormalities discovered, accompanied by photographs or drawings where applicable.

Examiner's Name .....

Signature .....

* Workers who are restricted to the use of lasers operating solely in the infra red wavelengths, above 2 um e.g. carbon dioxide lasers, may have their examinations limited to the ocular adnexa and cornea.

Fig 15. Examination scheme for laser workers (Part 2)

REFERENCES

1. "Protection of personnel against hazards from laser radiation". BS 4803. In press (Autumn 1981). Issued by the British Standards Institution, 2 Park Street, London W1A 2BS.

2. "Laser hazards and safety in the military environment" (1975): AGARD Lecture Series No 79. Published by AGARD.

3. Noell, W.K., Walker, V.S., Kang, B.S. and Berman, S. (1966): Retinal damage by light in rats. Invest. Ophthal., 5, 450-473.

4. Marshall, J., Mellerio, J. and Palmer, D.A.P. (1972): Damage to pigeon retinae by moderate illumination from fluorescent lamps. Exp. Eye Res., 14, 164-169.

5. Marshall, J. (1978): Retinal injury from chronic exposure to light and the delayed effects from retinal exposure to intense light. Current concepts in erg ophthalmology. Ed. Tengroth, B., Stockholm, 81-105.

6. Harwerth, R.S. and Sperling, H.G. (1971): Prolonged colour blindness induced by intense spectral lights in rhesus monkeys. Science, 174, 520-523.

7. Ham, W.T., Mueller, H.A. and Sliney, D.H. (1976): Retinal sensitivity to damage from short wavelength light. Nature, 260, 153-155.

8. Zwick, H. and Beatrice, E.S. (1978): Long term changes in spectral sensitivity after low level laser (514 nm) exposure. Mod. Prob. in Ophthalmol., 19, 319-325.

9. Brennan, D.H. (1980): Insidious ocular effects of laser radiation. Proceedings of 5th International Congress of the International Radiation Protection Association, Jerusalem, Vol. 2, 293-296.

10. Borland, R.G., Brennan, D.H., Marshall, J. and Viveash, J.P. (1978): The role of fluorescein angiography in the detection of laser induced damage to the retina: A threshold study for 'Q'-switched neodymium and ruby lasers. Exp. Eye Res., 27, 471-493.

PROBLEMES POSES PAR LES DEFICIENCES VISUELLES EN AERONAUTIQUE

Médecin en Chef J.P. CHEVALERAUD
Professeur du Service de Santé des Armées
Sous-Directeur
de l'Ecole d'Application du Service de Santé
pour l'Armée de l'Air et du Centre d'Etudes
et de Recherches de Médecine Aérospatiale.
26, boulevard Victor - 75996 PARIS ARMEES

RESUME

La protection oculaire contre les agressions naturelles ou accidentelles, ainsi que la correction des amétropies, permettant la poursuite des activités aéronautiques, constituent des problèmes dont on s'efforce de trouver les solutions s'adaptant aux conditions des missions.

D'autres problèmes peuvent se poser au cours de la carrière aéronautique, susceptibles d'en gêner l'évolution et pour lesquels des décisions devront être prises. Ces problèmes peuvent naitre des anomalies de la statique et de la dynamique palpébrale, des perturbations de l'appareil lacrymal ou d'anomalies oculomotrices. Ils peuvent aussi découler d'anomalies de transparences des différents milieux constitutifs du globe oculaire (cornée, cristallin, vitré). Ils peuvent provenir d'anomalies iriennes et pupillaires. Enfin, la pathologie de la choroïde et de la rétine est également à l'origine de séquelles qui perturbent l'information visuelle.

Toutes ces anomalies sont prises en considération et des attitudes pour y faire face sont proposées.

La qualité de la performance visuelle nécessite :

- un codage correct de l'information binoculaire,
- une transmission normale, à la fois qualitative et temporelle, de ce message tout au long des différentes structures de la voie optique,
- un décodage satisfaisant au niveau de l'aire striée, avec établissement de comparaisons, mettent en jeu les souvenirs. Cette dernière étape nécessite l'intégrité des aires parastriées.

Pour acquérir la qualité de cette performance et les assurer de la permanence, différents éléments doivent être sollicités : motilité oculo-palpébrale et motilité pupillaire, sécrétion et excrétion des larmes, transparence des milieux, intégrité choriorétinienne et progression normale du message tout au long du tractus optique.

Cependant, en cours de carrière, ces paramètres peuvent subir des altérations, qualitatives ou quantitatives, que nous nous proposons d'envisager, ainsi que les solutions qui peuvent être adoptées pour y remédier.

1. LES ANOMALIES DE LA STATIQUE ET DE LA DYNAMIQUE PALPEBRALE.

1.1. Les ptosis qui constituent la cause la plus fréquente des anomalies de la paupière supérieure entraînent une réduction du champ visuel. La chute de la paupière peut même créer, au moins dans certaines positions du regard, une perte de la vision binoculaire.

1.2. La rétraction de la paupière supérieure rompt la protection naturelle du globe oculaire. Elle accroit les risques des agressions luminothermiques, et également ceux des agressions traumatiques. La déshydratation cornéenne est accentuée, ce qui crée une irritation et une rougeur conjonctivale.

1.3. Les anomalies de la paupière inférieure aboutissent à la disparition du lac lacrymal, qui entraine des anomalies de l'excrétion avec larmoiement, incompatible avec une perception visuelle correcte.

1.4. Les anomalies de position des cils, le plus souvent d'origine traumatique ou trachomateuse, sont à l'origine d'altérations cornéennes mécaniques, qui abaissent l'acuité visuelle et augmentent la gêne à l'éblouissement.

1.5. Toutes ces anomalies entraînent l'inaptitude au pilotage, car elles perturbent l'information visuelle et sont susceptibles d'engendrer une pathologie du segment antérieur.

2. LES ANOMALIES DES VOIES LACRYMALES.

2.1. Les anomalies de la glande lacrymale sont rarement en cause. La diminution ou l'absence de sécrétion sont le plus souvent rencontrées chez les sujets de sexe féminin. Les tumeurs de la glande, dont le diganostic précoce est souvent posé sur l'apparition de troubles oculomoteurs, sont rares pendant la période d'activité aéronautique.

2.2. Les anomalies d'excrétion sont par contre plus fréquentes, consécutives à une mauvaise perméabilité ou à une imperméabilité des canalicules ou du sac lacrymal. Le larmoiement qui en est la conséquence s'accompagne souvent de phénomènes infectieux.

2.3. Ces anomalies entraînent une inaptitude, au moins temporaire en ce qui concerne les voies d'excrétion. L'aptitude ne peut être envisagée qu'après rétablissement du transit lacrymal.

3. LES ANOMALIES OCULOMOTRICES.

3.1. Les strabismes, même opérés, constituent une cause d'inaptitude en aéronautique.
La décision est plus difficile à prendre lorsqu'il s'agit de microstrabismes avec acuité visuelle normale et bonne appréciation de la profondeur. Certains sujets détectés tardivement, en cours de carrière, ont pu effectuer un apprentissage du pilotage quasi normal et de nombreuses heures de vol sans difficultés apparentes. Une décision d'aptitude paraît donc devoir être maintenue.

3.2. Les hétérophories, de forte valeur ou décompensées, doivent aussi entraîner l'inaptitude, qu'elles soient horizontales ou verticales. Leur aggravation, en altitude et sous l'influence de la fatigue, peut être la cause d'une détérioration de la vision binoculaire avec épisodes de diplopie incompatibles avec les impératifs de la sécurité aéronautique.
L'inaptitude peut n'être que temporaire lorsqu'un traitement orthoptique améliore l'amplitude de fusion, tant au niveau du sol qu'en altitude fictive au caisson à dépression.

3.3. Les paralysies oculomotrices non régressives, d'origine médicale ou traumatique, entraînent l'inaptitude définitive à la carrière aéronautique.

4. LES ANOMALIES DE LA CORNEE.

4.1. Les anomalies de courbure : kératocone et ptérygion, compte tenu de leur génie évolutif, entraînent l'inaptitude en début de carrière.
L'apparition d'un ptérygien en cours de carrière peut en permettre la poursuite tant que l'aire pupillaire n'est pas atteinte et si l'acuité visuelle n'est pas abaissée. Une intervention est parfois nécessaire ; l'aptitude sera alors discutée en fonction des résultats obtenus.

4.2. Les lésions récentes traumatiques (plaies) ou infectieuses (kératites) sont en cause d'inaptitude. La durée de celle-ci dépendra du traitement mis en oeuvre et des séquelles observées.
La microchirurgie et les matériels de suture modernes permettent actuellement la réparation de lésions traumatiques avec des résultats compatibles avec la poursuite de l'activité.

4.3. Les séquelles d'affections traumatiques ou médicales, qui apparaissent sous la forme d'une modification de transparence de la cornée, seront appréciées sur le plan anatomique et fonctionnel.
Sur le plan anatomique, l'étendue et la profondeur des lésions seront prises en considération.
Sur le plan fonctionnel, on évaluera l'acuité visuelle restante, les répercussions sur le champ visuel et celles sur la sensibilité à l'éblouissement.

4.4. Les greffes cornéennes lamellaires ou transfixiantes paraissent devoir demeurer une cause d'inaptitude à la carrière aéronautique.
En cours de carrière, cependant, avec un recul suffisant et compte tenu des résultats fonctionnels, certains sujets porteurs de greffes peuvent être maintenus en activité.

5. LES ANOMALIES DE L'IRIS ET DE LA PUPILLE.

5.1. Les perturbations de la motilité pupillaire, aboutissant à une mydriose ou à un myosis permanent uni ou bilatéral, sont une cause d'inaptitude quelqu'en soit l'origine.

5.2. En cas de mydriose, l'acuité visuelle est habituellement diminuée et la gêne aux fortes luminosités augmentée.
En cas de myosis réalisant un trou sténopéique, l'acuité peut être améliorée, mais des inconvénients apparaissent en vol de nuit. La capacité nocturne est réduite, ce qui est objectivé par la courbe adaptométrique et la surface du champ visuel est réduite.

5.3. Lorsque les pupilles sont inégales, la vision binoculaire est perturbée, notamment le sens de la profondeur.

5.4. L'absence de réflexe photomoteur nécessite une recherche étiologique complexe. En fonction des résultats, l'attitude sera arrêtée.
Il en est de même des pupilles d'Adie(persistance du réflexe à l'accommodation - convergence, absence du réflexe à la lumière). Isolées et découvertes en cours de carrière, elles peuvent être considérées comme compatibles avec le vol. Entrant dans le cadre de la maladie d'Adie (abolition des réflexes rotuliens), la décision d'inaptitude sera de règle.

6. LES ANOMALES DU TONUS OCULAIRE, LA MALADIE GLAUCOMATEUSE.

6.1. Bien que la fréquence du glaucome dans la population aéronautique ne diffère pas de celle de la population générale, l'attention est depuis plus de vingt ans portée sur sa détection, compte tenu des perturbations fonctionnelles de cette maladie.
La prise du tonus oculaire par la méthode de l'aplanation font désormais partie de l'examen habituel.
La découverte d'un tonus supérieur à 18 nécessite la répétition des mesures et à différentes heures, un bilan rhéographique, une gionoscopie des examens fonctionnels, en particulier un champ visuel, et si besoin des épreuves de provocation.

6.2. Si le diagnostic est établi, le problème de son traitement et de l'aptitude se pose alors.
La découverte est souvent difficile lors de l'expertise. Le navigant glaucomateux connait sa maladie et la cache. Il fait disparaître temporairement l'hypertonie par prise volontaire d'inhibiteurs de l'anhydrase carbonique les jours précédant l'expertise. Ceci nous a amené à détecter dans les urines par des méthodes chromatographiques et spectrométriques la présence de ces produits.

En effet, le traitement médical par la pilocarpine entraînait des altérations de la fonction visuelle. Le traitement chirurgical basé sur des interventions fistulisantes ne paraissait pas compatible avec le vol opérationnel. Seuls les iridectomies et les angiodiathermies permetteront la poursuite de l'activité.
Actuellement, le timolol donne des résultats satisfaisants sur le tonus sans effets secondaires visuels. Il est cependant nécessaire de tester la sensibilité du sujet, en étudiant plus particulièrement l'effet éventuel sur le rythme cardiaque et la tension artérielle, avant de prendre une décision.
Sur le plan chirurgical, les opérations filtrantes protégées paraissent compatibles avec la poursuite du vol.

7. PATHOLOGIE DU CRISTALLIN.

Elle se résume à des anomalies de position et des anomalies de transparence.

7.1. Les anomalies de position (subluxations et luxations) entraînent l'inaptitude compte tenu de leurs conséquences sur l'acuité visuelle d'une part et de leurs répercussions sur le tonus oculaire d'autre part.

7.2. Les anomalies de transparence entraînent une baisse de l'acuité et des anomalies du champ visuel, qui seront les éléments déterminants pour la prise de décision. On prendra également en considération les répercussions sur la vision binoculaire entraînées par l'asymétrie de l'anomalie, et les modifications de la sensibilité à l'éblouissement.

7.3. Actuellement, si l'aphaquie est une cause d'inaptitude à l'admission, certains navigants aphaques et des pilotes, à l'exception des pilotes de combat, volent appareillés avec des lentilles de contact, de préférence hydrophiles. Ces navigants ont préalablement fait la preuve de la tolérance de leur prothèse au sol et en altitude fictive au caisson à dépression.
En France à notre connaissance, aucun navigant ne poursuit une carrière, porteur d'un implant intraoculaire. Les implants semblent en effet dangereux compte tenu de leur poids et de leur mode de fixation d'une part et des accélération subies en aéronautique d'autre part.
Une décision d'aptitude devrait, me semble-t-il, être précédée d'une étude en centrifugeuse. Jusqu'à ce jour, aucun chirurgien implantateur n'a consenti à placer son opéré dans une nacelle.

8. PATHOLOGIE DE LA CHORIORETINE.

8.1. S'il est évident que toutes les affections choriorétiniennes en évolution entraînent l'inaptitude, la conduite à tenir mérite discussion lors de la découverte de lésions cicatricielles non évolutives.

8.2. L'attitude sera différente en fonction de l'étiologie, de la situation des lésions et de leur symptomatologie fonctionnelle au niveau de l'acuité, du champ visuel et de la vision colorée. Les modifications de l'électrophysiologie rétinienne (ERG et EOG) seront également prises en considération.

8.3. Lors d'une première expertise, la découverte de cicatrices choriorétiniennes et de lésions dégénératives de la périphérie rétinienne entraîne l'inaptitude définitive à une carrière aéronautique.

8.4. Par contre, chez un navigant confirmé, lorsque l'on découvre ces lésions, la décision sera fonction de leur importance et de leur localisation. Un traitement préventif par photocoagulation laser ou cryocoagulation pourra être entrepris, permettant la poursuite du travail aérien après une inaptitude temporaire avec éventuellement un changement d'avion ou de spécialité et sous réserve d'une surveillance fréquente.
Les méthodes actuelles de traitement du décollement de rétine autorisent parfois la reprise du travail aérien, après une inaptitude de six mois et sous réserve de contrôles trimestriels.

9. LES NEUROPATHIES OPTIQUES.

9.1. Les atteintes du nerf optique encore en évolution entrainent l'inaptitude et il en est de même des séquelles constatées lors d'une première expertise.

9.2. Lorsque la maladie débute en cours de carrière, l'attitude sera fonction de l'étiologie. Elle sera différente devant une atteinte infectieuse, vasculaire, toxique ou dégénérative. Elle prendra également en considération les séquelles tant fonctionnelles qu'électrophysiologiques (PEV).
La récupération fonctionnelle après des atteintes infectieuses ou toxiques (essentiellement alcool et tabac) sera parfois suffisante pour permettre la reprise des activités sous surveillance rapprochée.
Par contre, les atteintes vasculaires et dégénératives entraînent de manière habituelle l'inaptitude définitive.

10. LES DEFICIENCES CHROMATIQUES.

10.1. L'importance de la vision chromatique en aéronautique et les nécessités de la sécurité ont fait adopter dès l'origine de la sélection des normes assez sévères pour éliminer les sujets dyschromates héréditaires, qui représentent 8 % de la population masculine.
Selon les spécialités et selon les pays, les critères de sélection peuvent varier. Cependant, 4 % au moins des sujets dyschromates ne répondent pas aux critères impératifs de la sécurité au sol et dans des conditions relativement favorables (si l'on excepte le stress né de l'expertise). Les conditions aéronautiques pouvant se révéler beaucoup moins favorables, et l'interprétation chromatique étant le résultat d'un phénomène psychophysiologique, une attitude de sévérité paraît devoir être conservée face aux dyschromatopsies héréditaires. Cette sélection reposera sur l'utilisation de tests de dépistage et de tests de compatibilité dans des conditions binoculaires.

10.2. L'apparition possible, en cours de carrière, de dyschromatopsies acquises, oblige à conserver une surveillance du sens chromatique. Elle sera toujours effectuée dans des conditions monoculaires, et mettra en jeu des tests quantitatifs, permettant seuls d'apprécier l'évolution favorable ou défavorable de l'anomalie.
La décision d'aptitude ou d'inaptitude sera fonction à la fois de la cause de l'anomalie, de son im-

portance et surtout de sa stabilisation.

11. LES ANOMALIES DE L'ADAPTATION AUX FAIBLES NIVEAUX D'ECLAIREMENT (ANOMALIES DE LA VISION NOCTURNE).

Ces anomalies ne posent guère de problèmes. Elles sont héréditaires et découvertes lors du premier examen. Elles entraînent l'inaptitude, qui est décidée non seulement du fait de l'incapacité du sujet à travailler sous de faibles intensités, mais aussi du fait des signes d'accompagnement, en particulier les amputations du champ visuel.

La difficulté réside parfois dans la mise en évidence de l'anomalie. L'adaptométrie ou la scotoptométrie étant en effet des examens subjectifs, il est parfois nécessaire de recourir à l'électrophysiologie. L'électrooculogramme qui révèlera un rapport de ARDEN anormal et l'électrorétinogramme qui, au cours de l'adaptation à l'obscurité, est dépourvu d'onde b2, confirment de manière objective l'anomalie.

12. LES ANOMALIES DE L'ADAPTATION AUX NIVEAUX D'ECLAIREMENT ELEVES.

Les circonstances aéronautiques au cours desquelles un sujet risque d'être ébloui sont nombreuses. On sait que la résistance à l'éblouissement est diminuée sous l'influence de nombreux facteurs. Les uns sont physiologiques, tel le vieillissement, les autres sont pathologiques, liés à des atteintes du segment antérieur, de la rétine ou du nerf optique, d'autres enfin paraissent constitutionnels.

Plus de 15 % des sujets jeunes, exempts de tout signe pathologique, ont en effet une mauvaise résistance à l'éblouissement.

Il paraît donc utile d'intégrer dans la batterie de tests de sélection, l'étude de la sensibilité à l'éblouissement pour éliminer, au moins de l'aviation de combat, les sujets handicapés.

Cet examen doit également trouver sa place dans le bilan d'une atteinte fonctionnelle. Il est précocement perturbé et restauré plus tardivement que l'acuité ou le sens chromatique.

CONCLUSIONS.

Au cours de cet exposé, nous avons effectué une revue des problèmes posés par les principales déficiences visuelles en aéronautique. Les déficiences d'acuité, dont la correction est étudiée dans ce cours, ont de parti délibéré été passées sous silence.

Certaines déficiences peuvent découler de lésions qui sont la conséquence d'agressions contre lesquelles la protection a été envisagée.

Généralement, les décisions d'aptitude ou d'inaptitude sont faciles à prendre lors de la première expertise.

Par contre, lors des expertises révisionnelles, la connaissance du milieu et de l'expérience de l'expert peuvent seules permettre de prendre la décision la mieux adaptée compte tenu de l'âge, de la spécialité du navigant et de son expérience aéronautique.

BIBLIOGRAPHIE.

J. BASTIEN, R. CARRE, J.P. CHEVALERAUD et . LACHAUD.
"Sélection et surveillance médicale du personnel navigant"
Revue Internat. des Services de Santé n°3, 1974.

J.P. CHEVALERAUD.
"Importance de l'examen ophtalmologique lors de la sélection et de la surveillance du personnel navigant".
La vie Médicale, septembre 1969.

J.P. CHEVALERAUD et G. PERDRIEL.
"Faut-il traiter les hétérophories sans symptomatologie fonctionnelle ?"
SOP, 18 avril 1970.

J.P. CHEVALERAUD et G. PERDRIEL.
"Résistance à l'éblouissement chez le personnel navigant".
Soc. Fse de Physiologie et de Méd. Aéron. et Cosmon., séance du 19 nov. 1971.

J.P. CHEVALERAUD.
"Appareil visuel et Aviation".
Encyclopédie Médico-Chirurgicale, 21805 A10, 6, 1975.

J.P. CHEVALERAUD.
"L'examen ophtalmologique du personnel navigant".
Entretiens de Médecin Aérospatiale du Bourget, 6 juin 1977.

J.P. CHEVALERAUD.
"Sens chromatique et Aviation".
Cours de Médecine Aéronautique - AGARD septembre 1977.
V° Advanced Operational Aviation Medicine Course - 12-23 septembre 1977.

J.P. CHEVALERAUD.
"La vision aux basses luminances en aviation".
Cours AGARD - Septembre 1977.
V° Advanced Operational Aviation Medicine Course - 12-23 septembre 1977.

J.P. CHEVALERAUD.
"L'éblouissement et ses méfaits en aviation".
Cours de Médecine Aéronautique - AGARD Septembre 1977.
V° Advanced Operational Aviation Medicine Course - 12-23 septembre 1977.

J.P. CHEVALERAUD.
"Collyre bétabloquant et glaucome chez l'aviateur".
S.F.P.M.A.C. le 21 mars 1980.

S. DELTHIL, L. BIARD, J.P. CHEVALERAUD et G. PERDRIEL.
"Aniséiconie et expertise du personnel navigant".
S.F.P.M.A.C., 17 nov. 1967.

J.P. MANENT et J.P. CHEVALERAUD.
"A propos de la découverte de troubles du sens lumineux chez un élève pilote".
Société de Médecine Aéronautique. Mai 1973.

G. PERDRIEL, P. SOLE et J.P. CHEVALERAUD.
"A propos de la conduite à tenir dans le glaucome chez l'aviateur".
Société d'Ophtalmologie de Paris, 16 février 1963.

A. MERCIER, G. PERDRIEL, P. SOLE, J.P. CHEVALERAUD et J. GRAVELINE.
"Fréquence et incidences du glaucome chez l'aviateur".
Aerospace Medicine, June 1964, Vol. 35, n° 6, p. 567-571.

G. PERDRIEL, A. MERCIER et J.P. CHEVALERAUD.
"A propos du traitement médical et chirurgical du glaucome chez l'aviateur".
Ass. Allemande de Méd. Aéro. et Cosmon., MUNICH, 8-10 septembre 1965.

G. PERDRIEL, G. RAYNAUD, J.P. CHEVALERAUD, J.M. GILLET et L. BIARD.
"Angiomatose rétinienne et aptitude au personnel navigant".
S.F.P.M.A.C., 17 mars 1967.

G. PERDRIEL, J. GAUDIN et J. P. CHEVALERAUD.
"L'arc dégénératif péricornéen".
Congrès de la Société Française d'Ophtalmologie, Paris - Mai 1968.

G. PERDRIEL, J.L. GAUDIN, J.P. CHEVALERAUD, H. CHESNE, J. CHARRIAU, ALTMANN et DUBODAT.
"L'arc cornéen, signe évocateur d'athéromatose chez les membres du personnel navigant".
S.F.P.M.A.C. 21 juin 1968.

G. PERDRIEL et J.P. CHEVALERAUD.
"L'examen du sens chromatique du personnel navigant".
S.F.P.M.A.C. 20 juin 1969.

G. PERDRIEL et J.P. CHEVALERAUD.
"L'examen du sens chromatique dans les Forces Aériennes Françaises".
AGARD, Bruxelles, Mai 1972.

G. PERDRIEL et J.P. CHEVALERAUD.
"Reprise du vol après interventions chirurgicales rétiniennes".
S.F.P.M.A.C., 25 février 1972.

J.P. CHEVALERAUD, C. BRENNEISSEN et G.F. SANTUCCI.
"Etude comparative des résultats au WIRT, au stéréoscope et au T.N.O.".
Réunion commune Sté d'Oph. de Bordeaux et du Sud-Ouest et Sté de Méd. de Physiol. Aéron. et Cosmon.
Bordeaux 16 mars 1975.

G.F. SANTUCCI, B. DARNAUD et J.P. CHEVALERAUD.
"Champ visuel central et électro-oculogramme en hypoxie".
S.F.P.M.A.C., 19 janvier 1979.

T.J. TREDICI.
"Les microstrabismes".
AGARD C.P. 152 - III - 1 1975.

BIBLIOGRAPHIE

I - EFFETS DES RAYONNEMENTS
  - PROTECTION
II - CORRECTION OPTIQUE
III - LUNETTES VISION/NOCTURNE

PREPAREE PAR

MADAME M.H. COLLOMB

SERVICE DOCUMENTATION EASSAA-CERMA

SERVICE DE SANTE DES ARMEES

(FRANCE)

CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	B1
PARTIE I	B2
PARTIE II.....	B7
PARTIE III.....	B10

INTRODUCTION

Cette bibliographie a été rassemblée par le Centre de documentation de l'Ecole d'Application et du Centre d'études et de Recherches de Médecine Aérospatiale, avec l'aide du CEDOCAR, pour servir de support à cette Lecture Série.

Elle ne concerne que des travaux en langue française et étrangère parus pendant les dix dernières années. Des résumés ou des analyses suivent les références.

Les fichiers interrogés ont été les suivants :

- CEDOCAR (Centre de Documentation de l'Armement)
- N.T.I.S. (National Technical Information Service)
- Aérospatiale
- Brevets

PARTIE I

1. ANONYME.
L'éblouissement.
Bulletin de Sécurité des Vols, (FR), N° 122 (12/75), pp. 19-21, 2 réf. bibl., 2 phot.
197-I
Causes de l'éblouissement en vol de jour, de nuit, pendant le roulage au sol. Conséquences : optiques, psychologiques, sensorielles. Rappels sur les expériences d'éblouissement. Conduite à tenir. (CRMA/PC).
* Stress lumière éblouissement. * Aviation militaire. Vol. Personnel navigant. * Stress psychologie. Ophtalmologie. * Aéronef pilote.

2. METHODS OF PREVENTING FLASH BLINDNESS.
BARSTOW (F.E.)
EDGERTON GERMESHAUSEN AND GRIER INC BOSTON MASS,
IN NAS-NRC VISION RES. : FLYING AND SPACE TRAVEL 1968, P. 127-133.
FLASH BLINDNESS. FLYING PERSONNEL. PROTECTION.

3. Removable Goggles for Helmet. Patent, .
BENSON Alden P, FOSTER Kenneth J, QUELLETTE Alfred R
Department of the Navy Washington D C,
Government-owned invention available for licensing. Copy of patent available
Commissioner of Patents, Washington, D.C. 20231 $.50.
Filed 11 Apr 72, patented 8 Jan 74, . 5p. Rept nos. PAT-APPL-242 999, PATENT-3 783 452.
The patent concerns an apparatus for attaching removable photochromic goggles to a conventional crash helmet. The apparatus includes a post on one side of the helmet adjacent
Patents. Goggles. Helmets. Photochromism. Flashblindness. Protection. Attachment. Acceptability. Fastenings. Pilots. Jet Aircraft.
PAT-CL-2-6.

4. Etude de l'effet de l'éblouissement par éclair chez les aviateurs de l'Aéronavale.
BOSEE (R.A.), PARKER (J.F.), CHISUM (G.T.).
Aerospace Medicine, Vol. 39, N° 10 (1968), pp. 1105-1108, 6 réf. bibl. I 65-IH.
Simulation de l'éclair d'explosion nucléaire chez 3 pilotes. La récupération visuelle est plus rapide quand on augmente l'éclairage du cockpit, jusqu'à une certaine limite. (B.L.).
Aveuglement éclair. Explosions nucléaires. Simulation. Oeil. Acuité visuelle. Pilotes. Perception visuelle. Adaptation physiologie. Physiologie.

5. Glare Recovery of a Two Dimensional Tracking Task with Respect to Various Colors. Final rept...
BOYER Dennis A
Darcom Intern Training Center Texarkana Tex, Apr 76, 72p. Rept no. DARCOM-ITC-02-08-76-015.
The results of research intended to determine the effect of variation in color on a two dimensional tracking task with superimposed glare flashes are described. The EAI 680 Analog Computer was the primary function generator with the EAI 600 Pacer digital computer performing control functions and Data analysis. Tests o
Glare. Tracking. Color vision. Flashblindness. Human factors engineering. Flashes. Visual perception Pilots. Night Vision. Performance Human.

6. Eye protection, protective devices and visuel aids (Protection oculaire, systèmes de protection et aides visuelles).
BRENNAN (D.H.).
Head, Applied Vision Section, Neurosciences Division, RAF Institute of Aviation Medicine, Farnborough, Hampshire (GB)
AGARD Aerospace Medical Panel,
AGARD Conference Pre-Print ; (GB), vol. CP-191, N° 1 (3/76), 10 p., 1 réf. bibl., 1 tabl., 7 phot.
25-R
Principaux accidents oculaires rencontrés dans l'aviation militaire.

7. La protection oculaire et les dispositifs de protection (Eye protection and protection devices).
BRENNAN (D.H.).
RAF Institute of Aviation Medicine, Farnborough (Hampshire) (GB)
AGARD Aerospace Medical Panel,
Traduction CRMA N° 2322/3
(9/76), 7p. tr. , 3p. or., 1 réf. bibl., 5 fig.
AGARD Report ; (GB) vol. R-642 (5/76), pp. 29-36, 1 réf. bibl., 5 fig., traduit par Melle Torcapel.
TR Ang-2322/3
Les principaux risques oculaires dans l'aviation militaire : éblouissement, collision aviaire, effet du souffle, cordonnet détonnant miniature brisant le canopy, rayonnement laser, flash nucléaire. Mesures de protection possibles, compatibles avec l'équipement de l'équipage, l'efficacité du pilotage, la sécurité. (CRMA/MH).
* Protection oeil vision. * Pilote. oeil. Casque protection. Prophylaxie prévention. * Stress lumi
* Lésion souffle.

8. Expanded Service Test of Antilaser Goggles. Final rept. 1 Apr-12 Sep 72,.
BURKHALTER Edward L, MAGATHAN Wallace C
Army Aviation Test board Fort Rucker Ala.
Projs. RDT/E-1-J-664717-DL-40, USATECOM-8-EI-825-000-017. Task 1-J-664717-DL-404 4. Distribution limitation now removed.
Dec 72, 63 p.
Eyeglasses. Lasers. Pilots. Helicopters. Compatibility. Helmets. Protective masks. Color vision. Visibility. Fog. Optical sights. Range finding. Radiation injuries. Infrared radiation. Light transmission. Environmental tests. Visual acuity. Films. Lenses. Acceptability. Design. Aviation safety. Army personnel. Eye. Protection. 06 17.
Ah-1g aircraft. Antilaser

9. Evaluation of two percent visor
Essais d'une visière à revêtement d'or et à transmission de 2.)
CARPENTER (J.A.), RICHEY (E.O.)
Shool of Aviation Medecine,
TR-66-71 (8/66), 4 p., 2 fig., 2 tabl.
Me. 335-3
Résultats d'essais en vol destinés à déterminer si cette visière recouverte d'un film d'or, transmettant 2. de l'énergie incidente du spectre et destinée à protéger les pilotes contre l'aveuglement par effulguration, peut être portée durant le jour sans empêcher le pilote de réaliser sa mission.
Casques protection. Protection. Pilotes. Aveuglement éclair. Essais vol. Revêtements métaux. Or. Revêtements optiques.

10. Résistance à l'éblouissement chez le personnel navigant.
CHEVALERAUD (J.P.). PERDRIEL (G.).
Revue de médecine aéronautique et spatiale. t. X, N° 40 (4ème trim. 1971), pp. 180-182. & I 106-I&H.
Causes de l'éblouissement pendant le vol de jour, de nuit et le roulage au sol. Conséquences psychologiques et sensorielles. Etude de l'éblouissement chez les navigants. (SC).
Eblouissements. Personnel aviation. Perception visuelle. Pilotes. Vision nuit. Acuité visuelle. Lumière. Vision.

11. Intérêt de la mesure de la résistance à l'éblouissement chez ces membres du PN.
CHEVALERAUD (J.P.), PERDRIEL (G.).
Agard Conference Proceedings, N° 95 2ème partie (3/72), pp. B13-1 à B13-3. &I 25-R&H.
Une méthode devant être appliquée lors de la visite d'admission permet de juger, de façon simple, les aptitudes d'un sujet à récupérer une fonction visuelle lorsqu'il est soumis à l'éblouissement. (MS).
Eblouissements. Perception visuelle. Oeil. Personnel navigant. Appréciation personnel. Examen médical. Ophtalmologie. Vision. Médecine aéronautique. Eclair. Pilotes.

12. Protection contre l'éblouissement : étude des lunettes Apollo MK-III.
CHEVALERAUD, SANTUCCI.
EASSAA LCBA, Paris (F)
Centre de Recherches de Médecine Aéronautique,CRMA-4410,
Rapport (12/73), 9 p., 1 tabl.
10-R
Etude de l'acuité visuelle, récupération après éblouissement, vision des couleurs, vision de la profondeur chez le PN porteur des lunettes. Seule, la perception des feux colorés est très perturbée : le bleu n'est pas ou très mal perçu. (CRMA/AJ).
* Protection oeil vision. Vision. * Stress lumière éblouissement. * Verre optique. Vision couleur. * Pilotes. Personnel navigant.

13. CHEVALERAUD (J.P.).
CPEMPN, Paris (FR)
Advanced Operational Aviation Medicine Course/Cours Supérieur de Médecine Aéronautique de l'AGARD ; Paris (FR), vol. 5 (9/77), 9 p. (Existe en version anglaise).
Dossier cours AGARD
L'étude de l'éblouissement a pris un intérêt tout particulier en fonction de la possibilité d'utilisation de l'arme nucléaire. Tests de sélection des candidats en fonction de leur sensibilité à l'éblouissement. Systèmes de protection fiables et compatibles avec la tâche à accomplir. (CRMA/PB).
* Médecine aéronautique. * Ophtalmologie. * Protection oeil vision. * Stress lumière éblouissement. Personnel navigant. Aviation. Pilote. Equipage aéronef. Aptitude vol aéronautique. Sélection professionnelle.

14. Problèmes ophtalmologiques liés à l'ambiance lumineuse au-dessus de 3000 mètres.
CHEVALERAUD (J.P.).
CPEMPN/EASSAA, Paris (FR)
Jeux Mondiaux de la Médecine. Premières Jeux d'Hiver, Font-Romeu (FR) (3/79), 13 p., 10 réf. bibl., 2 tabl.
1888-M/214
Modes d'action sur l'oeil de la lumière solaire. Les nuisances fonctionnelles : photophobie, éblouissement, erythropsie ; les nuisances organiques : lésions cornéo-conjonctivales et rétiniennes. Notions de prophylaxie : protection chimique et physique. (CRMA/VL).
* Tolérance physiologie. * Ophtalmologie. Oeil. Vision. Appareil vision physiologie. * Protection oeil vision. Médecine préventive. Haute altitude. * Intensité lumineuse. Pilote. * Altitude. Soleil. Montagne. Stress lumière. Eblouissement. Luminosité.

15. Laser Eye Protection for Flight Personnel . Volume I. Phase rept...
CHISUM Gloria Twine.
Naval Air Development Center Warminster Pa Aircraft and Crew Systems Technology Directorate.
13 Jul 78. 14p. Rept no. NADC-78158-60.
Developments in laser technology have resulted in an expanding use of lasers in many fields and laboratory situations. The implications of the use of lasers in military applications have been examined for flight personnel, and the requirement for eye protec
Radiation protection. Laser radiobiology. Laser safety. Flight crews. Eye. Infrared radiation. Military applications. Protective equipment. Goggles. Eyeglasses
Spectacles. Recommendations.

16. Laser eye protection for flight personnel (Protection visuelle contre le laser pour le personnel navigant).
CHISUM (G.T.).
NADC, Aircraft and Crew Systems Technology Directorate, Warminster (Penn.) (US) Aviation Space and Environmental Medicine ; (US), vol. 50, N° 3 (3.79), pp. 239-242, 2 réf. bibl., 3 fig., 1 tabl., 1 phot.
65-I
Analyse des risques encourus par le personnel navigant exposé au rayonnement laser. Description et discussion des différents moyens de protection visuelle. (CRMA/DP).
* Protection oeil vision. * Médecine aéronautique. Médecine travail. * Personnel navigant. Oeil.
* Laser. Pilote. Lunette. Verre optique.

17 AIR FORCE EFFORTS IN THE FIELD OF FLASH BLINDNESS.
CULVER (J.F.)
SCHOOL OF AEROSPACE MEDICINE BROOKS AFB TEX OPHTHALMOLOGY DEPT, IN NAS-NRC VISION RES. : FLYING AND SPACE TRAVEL 1968, P. 134-139 REFS. BURN INJURIES. EYE PROTECTION. FLASH BLINDNESS. FLYING PERSONNEL. THERMONUCLEAR EXPLOSIONS.

18. Effet de la dimension du champ d'éclair sur la cécité par éblouissement dans un cockpit d'avion.
CUSHMAN (W.H.).
Aerospace Medicine, vol. 42, N° 6 (1971), pp. 630-634, 4 fig., 4 tabl., 12 réf. bibl. &1I.
65-I&H.
Le temps de récupération visuelle après éblouissement augmente avec la grandeur de l'angle du champ.
Eblouissements. Perception visuelle. Eclair nucléaire. Rétine. Récupération. Champ visuel. Pilotes.

19. Effect of Flash Field Size on Flashblindness in an Aircraft Cockpit. Rept. for period Jan-Apr 70.
CUSHMAN William H.
School of Aerospace Medicine Brooks AFB Tex,
Proj. AF-6301. Task 630103. Availability : Pub. in Aerospace Medicine, v42 n6 p 630-634 Jun 71.
Jul 70, 7p. Rept no. SAM-TR-70-385.
Ten volunteers were exposed to high intensity double pulse light flashes with flash fields subtending 1, 3, 5, 10 and 15 degrees of visual angle.
Flahsblindness recovery times for several aircraft instruments were mesured for each flash field diameter. Countermeasures includ
Flight crexs. Flashblindness. Nuclear explosions. Flight crews. Visual Acuity. Hazards. Exposure. Recovery. Protection. Aviation medicine.

20. Effets cumulatifs de l'éblouissement provoqué par éclairs multiples de haute intensité.
CUSHMAN (W.)
Aerospace Medicine, vol. 42, N° 7 (7/71), pp. 763-767, 5 fig., 5 tabl., 7 réf. bibl. & I
65-I&H.
Dispositif expérimental sur simulateur d'avion avec mesure du temps de récupération après séries d'éclairs séparés par 15,45, 120 ou 300 secondes. Discussion du risque et contre-mesures pour vol aérospatial. (MC).
Eblouissements. Perception visuelle. Stress physiologie. Médecine aéronautique. Vision. Oeil. Médecine spatiale. Lumière. Eclair.

21. Cumulative Flashblindness Effects Produced by Multiple High Intensity Flashes.
CUSHMAN William H.
School of Aerospace Medicine Brooks AFB Tex,
Proj. AF-6301. Task 630103. Availability : Pub. in Aerospace Medicine, v42 N° 7., pp. 763-767 Jul 71.
1971, 7p. Rept no. SAM-TR-71-276.
While seated in an aircraft flight simulator cockpit, 14 subjects were exposed to high intensity short duration (2 msec.) light flashes. Each exposure or trial consisted of one flash or of a series of flashes with 15, 45, 120, or 300 sec. between flashes. Flashblindness recovery times (RTs) for t
Flight crews. Flashblindness. Nuclear explosions. Flight crews. Effectiveness. Vision. Recovery. Hazards. Aviation Medicine. Protection.

22. TRIPLET MATERIALS RESEARCH AND EYE-PROTECTIVE SYSTEM.
DAWSON (W.R.), WINDSOR (M.W.)
TRW SYSTEMS REDONDO BEACH CALIF QUANTUM PHYSICS LAB, JUL 68, 98 P. REPT N° 07728-6005-R000. CONTRACT AF 41 (609)-3201.
PILOTS. FLASHBLINDNESS. OPTICAL FILTERS. PHOTOCHROMISM. MOLECULAR ENERGY LEVELS. PROTECTION. WINDSFIELDS. NUCLEAR EXPLOSIONS. PHOTOCHEMISTRY. DISCOLORATION. POLYCYCLIC COMPOUNDS. EXCITATION. QUARTZ. EXPOXY PLASTICS. ABSORPTION SPECTRUM.
PHOTOCHROMIC MATERIALS.

23. EFFECTIVE DENSITY OF THE CLASS 3 VISORS. Progress rept...
HILL J.H. CHISUM Gloria.
Naval Air Development Center, Johnsville, Pa. Aviation Medical Acceleration lab.
May 65, NADC-ML-L6501.
Eyeglasses. Flashblindness. Vision. Retina. Illumination. Density. Optical filters. Helmets. Aviation medicine. Naval research. Visors.

24. THE NATURE OF RADIATION FROM NUCLEAR WEAPONS IN RELATION TO FLASH BLINDNESS.
HILL (J.HH.), CHISUM (G.T.)
NAVAL AIR DEVELOPMENT CENTER JOHNSVILLE PA AVIATION MEDICAL ACCELERATOR LAB, IN NAS-NRC VISION RES. FLYING AND SPACE TRAVEL 1968, P. 95-103 REFS. FLASH BLINDNESS. FLYING PERSONNEL. LOW ALTITUDE. NUCLEAR EXPLOSION EFFECT. NUCLEAR WEAPONS. THERMAL RADIATION.

25. Psychophysiological characteristics of pilot performance during short-term exposures to intensive flight stimuli (Les particularités psychophysiologiques de l'activité d'un pilote pendant l'action brève de stimuli lumineux intenses).
JERNAVKOV (V.F.), KARELINA (L.N.), PETROV (IOU.P.)
Kosmitcheskaia Biologiia i Aviakosmitcheskaia Maditsina (SU), vol. 12, N° 4 (7-8/78), pp. 27-31, 1 réf. bibl., 1 fig. (Synthèse de l'article disponible en français au CERMA)
379-I
Au laboratoire, la durée de la cécité dépend de l'adaptation préalable, de l'intensité de l'éclair, de la résistance individuelle, 18 s en moyenne.
* Médecine aéronautique. * Pilote. Personnel navigant. * Performance pilote. Cécité. Stimulation sensorielle. Lumière éclair. Impulsion lumineuse. Intensité lumineuse. * Psychophysiologie. * Stress lumière éblouissement.

26. OPERATIONAL SIGNIFICANCE OF THE FLASH BLINDNESS PROBLEM.
JONES (W.L.)
BUREAU OF MEDICINE AND SURGERY WASHINGTON D C,
IN NAS-NRC VISION RES. : FLYING AND SPACE TRAVEL 1968, P. 85-94.
FLASH BLINDNESS. NUCLEAR WEAPONS. OPERATIONAL HAZARDS. PILOT PERFORMANCE.

27. A Search for a New Aircraft Spectacle Frame Final rept. Mar 77-Sep 78.,
KISLIN Benjamin, MILLER J.W., RAHE Alton J.
School of Aerospace Medicine Brooks AFB TX,
Proj. 7755. Task 19.
Aug 79, 27 p. Rept no. SAM-TR-79- 16.
The factors necessary for a spectacle frame to meet acceptability for aircrew use were defined. The rising price of gold used in the HGU-4/P frame triggered triservice consideration for a change in materials and configuration of the aircrew spectacle frame. Optyl, a thermosetting plastic, presented potential for spectacle frame use in worldwide climates, and a fi
Frames. Eyeglasses. Flight crews. Acceptability. Thermosetting plastics. Comparison. Questionnaires.
06.17.
Spectacle frames.

28. Thermal/Flash protection with PLZT window devices (Protection contre la brûlure et l'éclair au moyen de fenêtres en céramique PLZT).
PFOFF (B.J), HARRIS (J.O.), CUTCHEN (J.T.).
Survival and Flight Equipment Association (US), N° 13 (21-25/9/75), pp. 81-82, 3 réf. bibl., 1 fig. (Annual Conference, San Antonio (Texas)).
Me. 2130
Recherches effectuées par les laboratoires Sandia sur l'utilisation des céramiques PLZT sous forme de lunettes ou de vitres, pour protéger les pilotes militaires contre l'aveuglement dû aux éclairs des armes nucléaires, contre les brûlures de la rétine et contre les rayons ultraviolets. (CAEN/PR).
* Céramique. * Protection thermique. * Protection oeil vision. Pilote. Brûlure choriorétinienne. Pare-brise. * Eclair nucléaire. Cellucle Kerr. Lunette. * PLZT céramique. Céramique électrooptique. Sandia loboratoire.

29. Protection from retinal burns and dazzle due to atomic flash (Protection de la rétine contre les brûlures et l'éblouissement par flash nucléaire).
PFOFF (B.J.), CUTCHEN (J.T.), HARRIS (J.O.)
ADS/SMLS, Life Support SPO, Wright-Patterson AFB (Ohio), Active Ceramics Division, Sandia Laboratories, Kirtland AFB (NM) (US)
AGARD Conference Pre-Print ; (GB), vol. CP-191, N° 3 (3/76), 4 p., 12 réf. bibl., 1 fig. 1 tabl.
25-R
Dans l'US Air Force, en cas d'explosion atomique, port de lunettes à verres recouverts d'or le jour, et de caches oculaires opaques la nuit. Premières données concernant une céramique à base de zirconate-titanate de plomb, transparente, pour fabriquer des pare-brises et lunettes d'efficacité supérieure. (CERMA/AF).
* Protection oeil vision. * Eclair nucléaire. Effet pathologique.

30. Protocole d'examen d'une paire de lunettes "antiéblouissement" destinée au personnel navigant.
SANTUCCI (G.), CHEVALERAUD (J.P.).
EASSAA-CERMA 26 boulevard Victor PARIS.
Rev. Méd. Aéronaut. Spatiale (F), tome 13, N° 50 (4-6/74), pp. 131-133, 3 tabl.
106-I
Etude physique : courbe de transmission spectrale ; étude optique. Etude psycho-physiologique : acuité visuelle, sens de la profondeur, vision chromatique, sensibilité à l'éblouissement. (CERMA-JFM).
* Protection. * Stress lumière éblouissement. Lunettes. * Vision. * Verre optique. * Pilotes. Personnel navigant.

31. Contrôle des dangers des lasers aéroportés pour l'homme (Control of health hazards from aiborne lasers).
SLINEY (D.H.), YACOVISSI (R.)
Traduction CERMA, N° 2358
(11/77), 12 p. tr., 5 p. or., 11 réf. bibl., 6 fig. 1 tabl.
Aviation space and Environmental Medicine ; (US), vol. 46, N° 5 (5/75), pp. 691-696, 11 réf. bibl. 6 fig., 1 tabl. Traduit par Melle MASSON.
TR/Ang/2358
Tests de contrôle oculaire des effets des lasers et ensemble de mesures de protection oculaire proposés pour le personnel susceptible d'être victime d'une atteinte oculaire par laser. (CERMA/PB).
Personnel navigant. Danger rayonnement. Surveillance santé personnel. Traduction. Risque oculaire.

32. Computing Internal Cockpit Reflections of External Point Light Sources for the Model YAH-64 Advanced Attack Helicopter (Low Glare Canopy Design). Final rept...
SMYTH Christopher C
Human Engineering Lab Aberdeen Proving Ground Md,
Jul 77, 61 p. Rept No. HEL-TM-24-77.
The US Army Human Engineering Laboratory
Canopies. Reflectivity. Light sources. Attack helicopters. Cockpits. Pilots. Human factors engineering. Computations. Computer programs. Light transmission. Internal reflection. Transparent panels. Glare. Solar radiation. Night flighy. Safety. Ray tracing. 01 03.05 05.95 04.51 03.
YAH-64 aircraft. AH-1S aircraft. H-64 aircraft. H-1 aircraft.

33. Internal cockpit reflections of external point light sources for the mode 1. YAH-64 advanced attack helicopter. (Réflections à l'intérieur du cockpit de sources lumineuses ponctuelles extérieures dans le modèle d'hélicoptère attaque avancé YAH-64).
SMYTH (C.C.)
US Army Human Engineering Lab. Aberdeen Proving Ground (Maryland) (US) AGARD Aerospace Medical Panel. AGARD Conference Proceedings ; (GB), vol. CP-255, N° 43 (12/78), 16 p. 3 réf. bibl. 19 fig.
25-R
Des graphiques obtenus sur ordinateur permettent d'étudier les points de réflection lumineuse sur la verrière et le cockpit de l'hélicoptère YAH-64. Malgré une conception antireflet de l'appareil, il pers
Stress lumière éblouissement. Hélicoptère. Vision. Performance pilote. Transmission lumière. Verrière aéronef. Cabine aéronef. Pilote. Réflectivité. Mémoire congrès.

34. Internal Cockpit Reflections of External Point Light Sources for the Model YAH-64 Advanced Attack Helicopter.
SMYTH Christopher C
Human Engineering Lab Aberdeen Proving Ground Md,
Jun 78, 16 p.
The US Army Human Engineering Laboratory (HEL) has developed a computer program for computing internal cockpit reflections on the transparent cano
Aircraft canopies. Attack helicopters. Glint. Internal reflection. Cockpits. Computer programs. Transparent panels. Glare. Solar radiation. Night flight. Orientation Direction. Man machine systems. Human factors engineering. Pilots.
H-64 aircraft. YAH-64 aircraft. H-1 aircraft. AH-1S aircraft. Huey cobra.

35. FLASH BLINDNESS-DEVELOPMENT AND TRIALS OF PROTECTIVE SPECTACLES.
ST. L. LIDDY (B.) MC CULLOCH (C.)
INSTITUTE OF AVIATION MEDICINE, TORONTO (ONTARIO), IN AGARD BEHAVIOURAL PROBL. IN AEROSPACE MED.
OCT. 1967, 6 P. REF. AIRCRAFT PILOTS. EYE PROTECTION. FLASH BLINDNESS. GLYCOLS.

36. Human factors Evaluation of Laser Protective Visors. Final rept. May 71 - May 72,
THURSBY William RJr, BRAUN Robert G, ALDER Albert V.
School of Aerospace Medicine Brooks AFB Tex,
Proj. AF-7784. 18.
Sep 72, 15 p. Rept no. SAM-TR-72-23.
Three laser protective visors and a spectacle-goggle were evaluated by over 100 experenced, rated aircrew members under flight and simulated flight cond
Eyeglasses. Flight crews, Lasers. Radiation hazards. Irasers. Ultraviolet filters. Infrared filters. Neodymium. Brightness. Protection. Light transmission. Human engineering. Air Force research. Protective mask facepieces. Flight testing. Vision. Laser protective visors. Neodymium lasers. Tradeoffs.

37. USAF Aviator glasses HGU-4/P (History and presen state of development) (Les lunettes HGU-4/P des aviateurs de l'US Air Force (Historique et état actuel du développement).
TREDICI (T.J.)
USAF School of Aerospace Medicine, Brooks AFB (Texas) (US)
AGARD Aerospace Medical Panel. AGARD Conference Pre-Print ; (GB) vol. CP-191, N° 4 (3/76), 5 p. 16 réf. bibl. 6 fig.
25-R
Différents types de lunettes éprouvés par l'US Air Force pour protéger la vue des pilotes, revue des études menées pour concevoir des verres et montures adéquats ; avantages du verre sur le plastique. (CERMA/AF).
Protection oeil vision. Lunette. Verre optique. Pilote. Matière plastique. Etude comparée. Analyse qualitative. Lentille plastique. Déformation plastique. Indice réfraction. Sensibilité impact. Résistance mécanique. Transmission optique. Personnel navigant.

38. Visual Aids and Eye Protection for the Aviator. Conference proceedings.
TREDICI Thomas J
Advisory Group for Aerospace Research and Development Paris (France), Papers presented at the Aerospace Medical Panel Specialists' Meeting held in Copenhagen, Denmark, 5-9 April 1976. NATO Furnished. Oct. 76 90 p. Rept Nos. AGARD-CP-191, ISBN-92-835-0177-2.
Protective equipment. Pilots. Eye. Visual aids. Meetings. Flashblindness. Eyeglasses.Goggles. Night vision. Target acquisition. Optical filters. Hand held. Bird strikes. Nuclear flash. Solar radiation. Glare. Space perception. Visual acuity.
Distance discrimination.

39. Récupération après éblouissement avec ou sans protection oculaire en vol simulé.
WARD (B.) BOWIE (W.H.), CUSHMAN (W.H.)
Aerospace Medicine, vol. 42, N° 2 (2/71), pp. 149-152, 1 fig. 2 tabl. 7 réf. bibl. I. 65-IH.
Le port d'une coquille monoculaire est la meilleure protection et le temps de récupération est miniml. (JPB).
Oeil. Eblouissements. Protection yeux. Vol. Récupération.

40. Le flash de chaleur et l'éblouissement issus des armes nucléaires. Principes de protection des équipages et quelques procédés expérimentaux.
WHITESIDE (T.C.D.).
Flying Personnel Research Committee. FPRC-1268 8 p., 4 réf. bibl. I. 22-RH.
Discussion des principes de protection des équipages ainsi que de facteurs intervenant dans l'évaluation des risques et le type de protection nécessaire. Par ordre de préférence, protection contre la lumière et la chaleur par : un système photochrome, des stores sur la coupole de la verrière, un viseur avec coefficient de transmission de 10 pour cent. Protection contre l'éblouissement par : un système photochrome, un viseur avec coefficient de transmission de 10 pour cent à 15 pour cent, entraînement. (BL).
Protection écran. Pilotes. Protection NBC. Protection thermique.

41. Physiological effects of bockscatter of high intensity light pulses of the human pilot.
ZEINER (A.R.), BRECHER (G.A.), GERATHEWOHL (S.J.).
Annual Scientific Meeting, 43 rd, Bal Harbour, Fla.,
May 8-11, 1972 (A72-28251 12-04). Washington, D.C. Aerospace Medical Association, 1972, p. 148-149.
Physiological effets of intense anticollision flash light backscatter pulses on instrument rated pilots.
LIGHT ADAPTATION. LIGHT SCATTERING. FLASH BLINDNESS. PILOT PERFORMANCE. PHYSIOLOGICAL EFFECTS. COLLISION AVOIDANCE.

42. Reaction time performance with and without back scatter from intense pulsed light. (Performance du temps de réaction avec ou sans diffusion en retour d'une lumière intense et pulsée).
ZEINER (A.R.), BRECHER (G.A.)
Psychiatry and Behabioral Sciences, Physiology and Biophysics, University of Oklahoma Health Sciences Center, Oklahoma City (USA)
Aviation Space and Environmental Medicine ; (USA), vol. 46, N° 2, (2/75), pp. 125-127, 17 réf. bibl. 1 tabl. 65-I
Temps de réaction visuel, erreurs, lors des conditions maximales de diffusion en retour, qui peuvent être rencontrées par les pilotes volant dans les nuages ou le brouillard avec leur système anticollision (CERMA-MF).
Stress lumière éblouissement. Effets diffusion. Perception visuelle. Performance pilote. Vision. Stimulus vision. Aviation tous temps. Sécurité aviation. Analyse

PARTIE II

43. A propos de la tolérance des prothèses de contact chez le personnel navigant.
BOISSIN (J.P.)
Air France, Service Médical, Paris (FR)
Médecine Aéronautique et Spatiale, Médecine Subaquatique et Hyperbare ; (FR), tome 18, N° 71 (7-9/79), pp. 198-200, 1 tabl. 106-I.
Le port de lentilles de contact ne présente pas de danger pour le personnel navigant, mais les conditions d'utilisation entraînent des intolérances plus fréquentes. (CERMA/DL).
Ophtalmologie. Tolérance physiologie. Personnel navigant. Oeil. Pilote. Médecine aéronautique. Irritation. Hygrométrie. Lentille cornéenne. Lentille optique. Collyre.

44. A propos de la correction optique par lentilles de contact des pilotes privés d'avion et de vol à voile en régime VFR.
BORTEYRU (J.P.).
Médecine Aéronautique et Spatiale, Médecine Subaquatique et Hyperbar ; (FR), tome 16, N° 64 (10-12/77) pp. 335-338, 106-I.
Les différentes lentilles cornéennes, indications et contre-indications. Avantages et inconvénients de ce type de correction chez un pilote de tourisme ou postulant à la qualification. (CERMA/PB).
Médecine Aéronautique. Ophtalmologie. Pilote. Vol à voile. Avion privé. Aptitude vol aéronautique. Aviation générale. Lentille contact souple. Lentille cornéenne. Aviation légère.

45. Les verres de contact et leur utilisation à bord des avions.
CARLOS DA M AIA (F.M.)
Revue Internationale des Services de Santé des Armées, vol. 43, N° 12 (1970), pp. 899-900. I 90-IH.
Importante étude qui passe en revue les avantages et les inconvénients. Les avantages des verres de contact ne compensent pas pour les pilotes les complications qui pourraient survenir. Les lunettes sont préférables sauf dans certains cas d'aphakie, d'astigmastisme irrégulier, ou d'une grande animétropie. (MLB).
Ophtalmologie. Maladie yeux. Astigmatisme. Cornée. Prothèse. Pilotes. Vision. Lunettes.

46. A propos du vol et de la correction des presbytes.
CHEVALERAUD (J.P.), CORBE (C.).
CPEMPN, Paris (FR)
AGARD Aerospace Medical Panel, AGARD Conference Pre-Print ; (GB), vol. CP-191, N° 5 (3/76), 4 p. 7 réf. bibl. 25-R.
Utilisation de verres à foyer progressif ou de "lunettes à monture basculante". Nécessité de faire réaliser pour le vol des lunettes différentes de celles utilisées au sol, en fonction de différents paramètres particuliers. (CERMA/AF). Ophtalmologie. Accomodation vision. Trouble vision. Verre optique. Médecine aéronautique. Correction. Vision. Lunette. Pilote. Personnel navigant. Mémoire congrès. Trouble vision correction. Lunette correction vue. Presbytie.

47. Aptitude au vol et lentilles de contact souples.
CHEVALERAUD (J.P.), PERDRIEL (G.).
EASSAA/CERMA, Paris (FR)
AGARD Aerospace Medical Panel, AGARD Conference Pre-Print ; (GB), vol. CP-191, N° 6 (3/76), 3 p., 11 réf. bibl. 25-R.
Inconvénients des lentilles rigides (surtout dégagement de bulles d'azote sur la cornée en altitude). Résultats du port en caisson de lentilles de contact souples, semi-sclérales ou cornéennes : aucun dégagement gazeux, pas de variation des, AV, sécrétion lacrymale, épithélium cornéen au retour du vol simulé. (CERMA/AF).
Aptitude vol aéronautique. Lentille. Cornée. Tolérance physiologie. Effet pathologique. Etude expérimentale. Pilote. ophtalmologie. Personnel navigant. Mémoire congrès. Lentille contact souple. Lentille cornéenne. Matériau hydrophile.

48. Lentilles hydrophiles et aviation.
CHEVALERAUD (J.P.), PERDRIEL (G.)
EASSAA/CERMA, PARIS (FR)
Congrès Européen de Contactologie Médicale (10/78),12 p., 23 réf. bibl. Strasbourg, 6-8/10/78. 1888-M/205.
Les lentilles souples hydrophiles - leur utilisation dans la correction optique des personnels navigants - résultats et conclusions d'études expérimentales réalisées au sol et en altitude. (CERMA/VL)
Médecine aéronautique. Pilote. ophtalmologie. Perception visuelle. Aptitude vol aéronautique. Personnel navigant. Vision. Equipage aéronef. Mémoire congrès. Lentille contact souple. Lentille cornéenne. Trouble vision correction. Strasbourg congrès. Année 1978.

49. Prevention of visual anxiety and proficiency problems in the senior air transport pilot. (Prévention de l'anxiété visuelle et problèmes d'efficacité chez les pilotes d'aviation de transport les plus anciens).
DIAMOND (S.), LEEDS (M.F.).
Pan American Airways, San Francisco (Calif.) (US).
Aviation Space and Environmental Medicine ; (US), vol. 48, N° 9 (9/77), pp. 877-881, 9 réf. bibl., 3 fig. 65-I.
Observations de pilotes presbytes. Les risques encourus liés à l'anxiété en cas de difficulté de lecture. La correction de la presbytie, la conception du poste de pilotage permettant une lisibilité parfaite. (CERMA/LL).
Médecine Aéronautique. Travail vision. Vision. Ergonomie. Performance pilote. Anxiété. Pilote. Facteur âge. Presbytie. Lunette correction vue.

50. Visual problems among senior flight personnel (Problèmes visuels chez le PN âgé).
DREYER (V.)
Rev. Med. Aéronaut. Spatiale (FR.), vol. 12, N° 45 (1er trim. 1973), pp. 105-106, rés. en français. 106-I&H.
La diminution de l'accomodation et de la vision de près pose des problèmes en aviation. La prescription de lunettes à un pilote âgé doit lui être expliquée et testée dans une maquette à siège réglable. (MLB).
Vieillesse physiologie. Acuité visuelle. Accomodation vision. Lunettes. Personnel navigant. Vision. Examen physique. Mémoire congrès.

51. Low atmospheric pressure effects on wearing soft contact lenses (Effets d'une basse pression atmosphérique sur le port de lentilles de contact souples).
ENG (W.G.), RASCO (J.L.), MARANO (J.A.).
Eye Clinic, Medical Dept. Naval Air Station, Alameda (Calif.) (US)
Aviation Space and Environmental Medicine ; (US), vol. 49, N° 1 (1/78), pp. 73-75, 6 réf. bibl.
2 fig., 1 phot. 65-I
L'expérimentation en chambre hypobare sur 8 volontaires ne montre pas de modifications des, acuité visuelle, réfraction, kératométrie et biomicroscopie. (CERMA/PE).
Médecine aéronautique. Personnel navigant. Examen oeil. Acuité visuelle. Tolérance physiologie. Hypobarie biomédecine. Lentille contact souple. Lentille cornéenne. Hypobarie.

52. Survey on eye comfort in aircraft : II. Use of ophthalmic solutions (Enquête sur le confort oculaire en avion : II. Utilisation des collyres).
ENG (W.G.)
Naval Air Station, Eye Clinic, Medical Dept, Alameda (Calif.) (US)
Aviation Space and Environmental Medicine (US), vol. 50, N° 11 (11/79), pp.1166-1169, 15 réf. bibl.
2 fig., 2 tabl. (traduction du résumé disponible au CERMA). 65-I
Enquête sur l'utilisation de collyre décongestif par les stewards pendant leur travail afin d'améliorer leur confort : intérêt des larmes artificielles pour soulager la gêne oculaire en avion. (CERMA/DL).
Ophtalmologie. Enquête. Oeil. Aviation commerciale. Produit pharmacie médicament. Douleur. Fatigue physiologie. Médecine aéronautique. Hygrométrie. Steward. Hôtesse air. Collyre.

53. Vision sur le pont d'envol et vieillissement oculaire.
HARPER (C.P.), KIDERA (G.J.O.)
Aerospace Medicine, vol. 39, N° 10 (1968), pp. 1119-1122, 4 réf. bibl. I. 65-IH.
Présentation d'un dispositif d'examen visuel du pilote âgé, et correction. (B.L.)
Acuité visuelle. Pilotes. Vieillesse physiologie. Examen médical. Lunettes. Perception visuelle.

54. Comments on Air to Air Visibility at High Altitude. Memorandum rept.
KOOMEN (M.J.)
Naval Research Lab Washington DC Shared Bibliographic Input Experiment, 5 Aug 54, 14 p. Rept no. NRL-MR-343.
Aviators flying at high altitude report difficulty in sighting ather aircraft. The factors causing this poor air-to air visibility are discussed, particularly the phenomenon of 'empty field' myopia. It is concluded that the correction of th
Visual perception. Air to air. Visibility. Aerial targets. Pilots. Performance Human. High altitude. Visual acuity. Scanning. Glare. Contrast. Corrections. Eyeglasses. Reticles. 06 16.17 08.57 19.
Myopia. Field of view. Empty field myopia. Graticules.

55. The problem of early presbyopia in aircrew (Le problème de la presbytie chez le PN).
MARSHALL (M.F.P.)
Rev. Med. Aéronaut. Spatiale (Fr.), vol. 12, N° 45 (1er trim. 1973), pp. 102-104, 11 réf. bibl., 1 tabl. rés. en français. &I. 106-I&H.
Il n'est pas rare d'observer une presbytie chez les navigants âgés de 40 à 49 ans. Les tableaux de bord sont environ à 1 mètre de l'oeil. Quelques navigants utilisent leurs lunettes la nuit. Attention spéciale sur la licence des PN de l'aviation civile. (MLB).
Vision. Accomodation vision. Vision nuit. Lunettes. Personnel navigant. Aviation civile. Acuité visuelle. Vieillesse physiologie. Mémoire congrès.

56. Indications et contre-indications des lentilles de contact dans les transports.
PERDRIEL (G.)
EASSAA-CERMA, Paris (FR)
Congrès européen de Contactologie Médicale (10/78), 19 p., 17 réf. bibl. Strasbourg, 6-8/10/78.
1888-M
Revue des avantages et inconvénients présentés par les lentilles de contact par rapport aux lunettes classiques sur le plan de l'efficacité de l'information visuelle et des modifications de leur tolérance sous certaines influences extérieures. Discussion de leur intérêt chez les conducteurs des transports routiers, ferroviaires, maritimes et p
Ophtalmologie. Oeil. Vision. Sécurité aviation. Médecine aéronautique. Normes sécurité. Acuité visuelle. Pilote. Pilote aéronef. Opérateur véhicule moteur. Mémoire congrès.
Lentille contact souple. Lentille cornéenne. Sécurité routière. Strasbourg congrès. 1978 année.

57. Soft hydrophilic contact lenses in civil and military aviation (Verres de contact hydrophiles mous dans l'aviation civile et militaire).
POLISHUK (A.), RAZ (D.).
Arkia Air Lines and IAF, TEL-AVIV (IS)
Aviation Space and Environmental Medicine ; (USA), vol. 46, N° 9 (9/75), pp. 1188-1190, 4 réf. bibl.
65-I
Essais chez 12 pilotes volontaires civils et militaires dans différentes conditions de vol à des altitudes, pression et humidité variables, en condition d'éblouissement. Bons résultats, semblent pouvoir remplacer les lunettes. (CERMA/PC).
Médecine Aéronautique. Verre optique. Ophtalmologie. Aviation civile. Aviation Militaire. Pilotes. Aviation commerciale. Performance pilote. Tolérance physiologie. Lentille cornéenne.

58. Dyschromatopsie et reconnaissance diurne et nocturne des éclairs lumineux colorés de l'aviation.
STEEN (J.A.), LEWIS (M.F.)
Aerospace Medicine, vol. 43, N° 1 (1/72), pp. 34-36, 1 fig. 2 tabl., 7 réf. bibl. 65-I&H.
Sélection à l'anomaloscope. Efficacité de chacun des 7 tests de dyschromatopsie pour prévision de l'aptitude à distinguer les couleurs, de jour et de nuit. En général, les tests commerciaux sont moins efficaces pour la prévision de nuit que pour celle de jour. (SC)
Vision couleurs. Vision nuit. Signaux éclairants aviation. Pilotes. Examens yeux. Oeil. Perception visuelle. Acuité visuelle.

59. Intermediate Visual Acuity of Presbyopic Individuals with and without Distance and Bifoal Lens Corrections.
WELSH Kenneth W, RASMUSSEN Paul G, VAUGHAN John A
Federal Aviation Administration Oklahoma City Okla Civil Aeromedical Inst, Mar 77, 17 p.
Visual acuity was determined at the intermediate range for older individuals with various combinations of ocular refractive error (nine subcategories) and accommodative power (three subcategories). Subjects (N = 249) read numerals ranging in size to measure visual acuity from 20/80 to 20/15 at 51, 76, and 102 cm (20, 30, and 40 in) with
Visual acuity. Aging Physiology. Aviation medicine. Range Distance. Pilots. Physical fitness. Eyeglasses.

60. Implications aéromédicales de la lentille X-chrom dans l'amélioration des troubles de la vision des couleurs. (Aeromedical implications of the X-chrom lens for improving color vision deficiencies).
WELSH (K.W.), VAUGHAN (J.A.), RASMUSSEN (P.G.)
FAA Civil Aeromedical Institute, Mike Monroney Aeronautical Center, Oklahoma City (Oklah.) (US)
CERMA, traduction CERMA, N° 2399 (6/79), 29 p. tr., 7 p. or., 14 réf. bibl., 1 fig., 8tabl.
Aviation Space and Environmental Medicine (US), vol. 50, N° 3 (3/79), pp. 249-255, 14 réf. bibl. 1 fig. 8 tabl. Trad. par Martine Marie TR an/2399
Le port unilatéral sur l'oeil dominant d'un verre de contact de couleur rouge semble avoir amélioré la vision de 12 sujets.
Vision couleur. Oeil. Médecine aéronautique. Ophtalmologie. Traduction. Dyschromatopsie. Daltonisme. Lentille cornéenne.

PARTIE III

61. Training requirements for helicopter operation with night vision goggles (Exigences de l'entrainement au pilotage d'hélicoptères avec des lunettes de vision nocturne).
BEHAR (I.), YOUNG (D.M.), JOHNSON (J.E.)
US Army Aeromedical Res. Lab. and Directorate of Training Developments, Fort Rucker (Alab.) (US).
AGARD Aerospace Medical Panel, AGARD Conference Proceedings (GB), vol. CP-255, N° 50 (12/78), 4 p., 4 réf. bibl. 25-R.
Le port de lunettes de vision nocturne AN/PVS-5 nécessite un entraînement préalable accoutumant le pilote à une diminution des, champ visuel, acuité visuelle, vision des couleurs et du relief. Description des conditions d'un tel

62. Operational consideration of AN/PVS-5 night vision goggles for helicopter night flight (Considération opérationnelle sur les lunettes de vision nocturne AN/PVS-5 pour hélicoptère en vol de nuit).
CHIOU (W.C.)
US Army Aeromedical Research Lab., Fort Rucker (Alab.) (US)
AGARD Aerospace Medical Panel, AGARD Conference Proceedings, (GB), vol. CP-255, N° 49 (12/78), 9 p., 2 réf. bibl., 7 fig., 1 tabl. 25-R
Les lunettes de vision nocturne AN/PVS-5 ne peuvent être utilisées qu'au dessus d'un niveau donné de luminosité due au clair de lune. Afin d'élargir le champ d'utilisation de cet équipement, on teste
Appareil vision nuit. Vision nuit. Lunette. Hélicoptère.Performance pilote. Nuit. Vol nuit. Luminosité ciel. Mémoire congrès. Source lumière.

63. Laboratory assessment of the AN/PVS-5 night vision goggle (Essai en laboratoire des lunettes pour vision nocturne AN/PVS-5).
CHISUM (G.T.), MORWAY (P.E.).
Crew Systems Department, Naval Air Development, Center, Warminster (Penn.) (USA)
Aviation Space and Environmental Medicine, (USA), vol. 46, N° 11 (11/75), pp. 1390-1394, 4 réf. bibl. 5 fig., 6 tabl. 65-I
Essai en laboratoire avec illuminations variables. Les résultats des tests permettent de conclure que ces lunettes peuvent augmenter significativement les performances visuelles des vols de nuit. (CERMA/PC).
Vision de nuit. Lunette. Essai. Etude expérimentale. Méthodologie. Personnel navigant. Vol nuit.

64. Aviation Night Vision Goggle. Final rept. 13 Jul 77-16 Mar 79.
HARTMAN Pete.
ITT Electro-Optical Products Div Roancke VA, Contract DAAK 70-77-C-0179.
29 Mar 79, 54 p.
The intent of this program was to demonstrate the feasibility of a lightweight goggle which possessed a unique 'flip-up' capability and utilized the existing Generation II ou (Gen III) lightweight image intensifier assembly. The contract consisted of the design, fabrication, test, and delivery of two Aviation Goggles with two minor design iterations. The contract modification consisted o
Night vision devices. Goggles. Image intensifiers. Electronics. Lightweight. Flight crews. Flight helmets. Prototypes. Power supplies. Pilots.

65. In-flight Performance with Night Vision Goggles During Reduced Illumination. Final rept.
LEES Michael A, GLICK David D, KIMBALL Kent A, SNOW Allen C Jr.
Army Aeromedical Research Lab Fort Rucker Ala,
Aug 76, 37 p. Rept no. USAARL-76-27.
At the present time the U.S. Army is striving to attain around-the-clock operational capability for its tactical forces. The Night Vision Goggles have been developed to aid the Army pilot in attaining near-daytime capability at night. Previous research at the U.S. Army Aeromedic
Night vision devices. Goggles. Pilots. Visual perception. Helicopters. Performance Engineering. Low light levels. Multivariate analysis.

66. Aviator Performance Measurement During Low Altitude Rotary Wing Flight with the AN/PVS-5 Night Vision Goggles. Final Rept.
SANDERS Michael G, KIMBALL Kent A, FREZELL Thomas L, HOFMANN Mark A
Army Aeromedical Research Lab Fort Rucker Ala,
Dec 75, 70 p. Rept no. USAARL-76-10.
Aviators were require
Night vision devices. Night flight. Performance Human. Performance tests. Helicopters. Pilots. Goggles. Data acquisition. Angles. Multivariate analysis. Comparison. Low altitude. Questionnaires. Maneuverability. Hovering. Psycholphysiology. Training.
Visuel field. Univariate analysis. UH-1 Aircraft. AN/PVS-5. H1 aircraft.

67. Helicopter flight performance with the AN/PVS-5, night vision goggles (Performance du vol en hélicoptère avec des lunettes de vision nocturne AN/PVS-5).
SANDERS (M.G.), KIMBALL (K.A.), FREZELL (T.L.), HOFMANN (M.A.).
United States Army Aeromedical Research Laboratory, Fort Rucker (Alab.) (US)
AGARD Aerospace Medical Panel, AGARD Conference Proceedings, (GB), vol. CP-182, N° 5 (10/75), 15 p. 15 réf. bibl. 4 fig., 15 tabl. 25-R
Comparaison des performances de pilotes porteurs de trois types de lunettes de vision nocturne au cours de manoeuvres à basse altitude ou en rase-motte. (CERMA/MG).
Vision nuit. Lunette. Hélicoptère. Performance pilote. Système optique. Optique. Pilote. Mémoire congrès.

68. Problèmes visuels posés par le pilotage de nuit des hélicoptères.
SANTUCCI (G.F.) CHEVALERAUD (J.), PERDRIEL (G.)
Médecine et Armées (FR), tome 6, N° 10, (12/78), pp. 969-971, ISSN 0397-8125.
Seuls sont abordés les aspects de la fonction pilotage des hélicoptères à proximité du sol ; exposé des procédés techniques de suppléance et des problèmes physiologiques liés au mode de visualisation. (CRSSA/MI).
Vision nuit. Vol nuit. Hélicoptère. Champ visuel. Appareil vision nuit. Pilote. Physiologie aéronautique.

69. Luce rossa per l'illuminazione della cabina di pilotaggio. Risultati di una inchiesta e di alcune indagini (Emploi de la lumière rouge pour l'éclairage du poste de pilotage. Résultats d'une enquête et de quelques recherches).
SCANO (A.), TERRANA (C.)
Rivista di Medicina Aeronautica e Spaziale, N° 1 (1-3/68) pp. 34-47, 10 réf. Bibl.
Résultats d'une enquête menée auprès des pilotes et spécialistes de l'aviation militaire italienne, ainsi que des tests effectués sur des sujets d'âges différents, montrant que la lumière rouge associée à un éclairage auxiliaire représente le meilleur compromis pour un avion militaire en vol de nuit. (R.P.) Habitacles. Eclairage. Avions militaires. Vol nuit. Lumière. Couleurs. Enquetes. Personnel Armée Air. Italie. Instruments vol.

70. A Human Performance/Workload Evaluation of the AN/PVS-5 Bifocal Night Vision Goggle. Final rept.
STONE L W, SANDERS M G, GLICK D D, WILEY R, KIMBALL K A,
Army Aeromedical Research Lab Fort Rucker AL,
Proj. 3E762173A819. Task 00.
Jul 79, 98 p. Rept no. USAARL-79-11.
Eight experienced US Army aviators performed various maneuvers in an instrumented helicopter to test the relative usability of two bifocally configured night vision goggles. Both configurations were statistically better than the unmo
Night vision devices. Goggles. Performance Human. Protective equipment. Night flight. Pilots. Flight instruments. Flights control systems. 06 17. AN/PVS-5 bifocal night vision goggle.

71 A human performance/workload evaluation of the AN/PVS-5 bifocal night vision goggles. (Une évaluation de la performance humaine par rapport à la charge de travail avec les lunettes de vision de nuit bifocales AN/PVS-5).
STONE (L.W), SANDERS (M.G.), GLICK (D.D.), WILEY (R.W.), KIMBAL (K.A.).
Aviation, Space and Environmental Medicine (US), vol. 51, N° 8 (8/80), pp.797-804, 15 réf. bibl., 5 fig. 8 tabl. (Traduction du résumé disponible au CERMA).
La comparaison de deux lunettes a montré qu'une version bifocale à 24 p. 100 est préférable à la configuration à 14 p. 100, mais les deux modèles sont meilleurs qu'une version non modifiée. (CERMA/PC).
Performance pilote. Optique. Matériel optique. Appareil vision nuit. Vision nuit. Vision périphérique. Lunette. Ergonomie. Hélicoptère. Pilote. Performance humaine.
Charge travail. AN/PVS-5 Lunette vision.

72. Some remarks an Using Clear Visors During Night Flights in the Alouette 3.
WALRAVEN J.
Institute for Percpetion RVO-TNO, Soesterberg (Netherlands).
Contract A73/KLU/076. In Dutch, English Summary.
1974, 6 p. IZF-1974-13, TDCK-64630.
Wearing an (obligatory) clear visor during night flights in the Alouette III may cause, according to complaints from some pilots, visual discomfort because of reflections from the rim of the visor. It was verified that these reflections cause no reduction of visual functions but that the visibility
Aircraft landing. Alouette helicopters. Pilot performance. Visors. Comfort. Glare. Human factors engineering. Night. Reflection. Rims. Transparence. Visual aids.

73. Les effets de l'éclairage blanc ou rouge des instruments de bord sur l'index d'adpatation nocturne.
WHITESIDE (TCD), MERCIER (A.)
Revue de Médecine Aéronautique et Spatiale, vol. 7 (3ème trim. 1968), PP. 173-175, 4 tabl. 106-IH.
On se réfère au temps nécessaire pour atteindre le seuil d'adaptation. Enquêtes portant sur les essais de douze pilotes sans différentes missions de nuit.
L'étude statistique montre qu'il y a moins de perte d'adaptation sur éclairage blanc que sur éclairage rouge. (MM).
Adaptation physiologie. Tableaux bord. Vision couleurs. Vol nuit. Enquêtes. Etude statistique. Seuils physiologie. Pilotes. Equipages aéronefs.

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. Recipient's Reference	2. Originator's Reference	3. Further Reference	4. Security Classification of Document
	AGARD-LS-115	ISBN 92-835-0292-2	UNCLASSIFIED

5. Originator Advisory Group for Aerospace Research and Development
North Atlantic Treaty Organization
7 rue Ancelle, 92200 Neuilly sur Seine, France

6. Title

PERSONAL VISUAL AIDS FOR AIRCREW

7. Presented at a Lecture Series under the sponsorship of the Aerospace Medical Panel and the Consultant and Exchange Programme of AGARD on 22–23 June 1981 in Paris, France and 25–26 June 1981 in Fürstenfeldbruck, Germany.

8. Author(s)/Editor(s)	9. Date
Various	June 1981

10. Author's/Editor's Address	11. Pages
Various	64

12. Distribution Statement This document is distributed in accordance with AGARD policies and regulations, which are outlined on the Outside Back Covers of all AGARD publications.

13. Keywords/Descriptors

Optical correction
Eye protection

14. Abstract

This Lecture Series No.115 on the subject of Personal Visual Aids for Aircrew was sponsored by the Aerospace Medical Panel of AGARD and implemented by the Consultant and Exchange Programme.

The purpose of the Lecture Series was to review:

- The various conventional modes of optical correction required either by ametropias or by normal or pathological drops in visual acuity.
- The various optical corrections by means of contact visual aids.
- Individual brilliance enhancement systems for night flying conditions.
- The harmful effects, on the ocular apparatus, of various radiations (ultraviolet, infrared, visible spectrum, ionizing radiations, laser, nuclear weapons).
- Means of protection against these various hazards.

AGARD Lecture Series No.115
Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO
PERSONAL VISUAL AIDS FOR AIRCREW
Published June 1981
64 pages

This Lecture Series No.115 on the subject of Personal Visual Aids for Aircrew was sponsored by the Aerospace Medical Panel of AGARD and implemented by the Consultant and Exchange Programme.

The purpose of the Lecture Series was to review:

– The various conventional modes of optical correction required either by ametropias or by normal or pathological drops in visual acuity.

P.T.O.

AGARD-LS-115

Optical correction
Eye protection

AGARD Lecture Series No.115
Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO
PERSONAL VISUAL AIDS FOR AIRCREW
Published June 1981
64 pages

This Lecture Series No.115 on the subject of Personal Visual Aids for Aircrew was sponsored by the Aerospace Medical Panel of AGARD and implemented by the Consultant and Exchange Programme.

The purpose of the Lecture Series was to review:

– The various conventional modes of optical correction required either by ametropias or by normal or pathological drops in visual acuity.

P.T.O.

AGARD-LS-115

Optical correction
Eye protection

AGARD Lecture Series No.115
Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO
PERSONAL VISUAL AIDS FOR AIRCREW
Published June 1981
64 pages

This Lecture Series No.115 on the subject of Personal Visual Aids for Aircrew was sponsored by the Aerospace Medical Panel of AGARD and implemented by the Consultant and Exchange Programme .

The purpose of the Lecture Series was to review:

– The various conventional modes of optical correction required either by ametropias or by normal or pathological drops in visual acuity.

P.T.O.

AGARD-LS-115

Optical correction
Eye protection

AGARD Lecture Series No.115
Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO
PERSONAL VISUAL AIDS FOR AIRCREW
Published June 1981
64 pages

This Lecture Series No.115 on the subject of Personal Visual Aids for Aircrew was sponsored by the Aerospace Medical Panel of AGARD and implemented by the Consultant and Exchange Programme.

The purpose of the Lecture Series was to review:

– The various conventional modes of optical correction required either by ametropias or by normal or pathological drops in visual acuity.

P.T.O.

AGARD-LS-115

Optical correction
Eye protection

- The various optical corrections by means of contact visual aids.
- Individual brilliance enhancement systems for night flying conditions.
- The harmful effects, on the ocular apparatus, of various radiations (ultraviolet, infrared, visible spectrum, ionizing radiations, laser, nuclear weapons).
- Means of protection against these various hazards.

The material in this publication was assembled to support a Lecture Series under the sponsorship of the Aerospace Medical Panel and the Consultant and Exchange Programme of AGARD, presented on 22–23 June 1981 in Paris, France and 25–26 June 1981 in Fürstenfeldbruck, Germany.

ISBN 92-835-0292-2

- The various optical corrections by means of contact visual aids.
- Individual brilliance enhancement systems for night flying conditions.
- The harmful effects, on the ocular apparatus, of various radiations (ultraviolet, infrared, visible spectrum, ionizing radiations, laser, nuclear weapons).
- Means of protection against these various hazards.

The material in this publication was assembled to support a Lecture Series under the sponsorship of the Aerospace Medical Panel and the Consultant and Exchange Programme of AGARD, presented on 22–23 June 1981 in Paris, France and 25–26 June 1981 in Fürstenfeldbruck, Germany.

ISBN 92-835-0292-2

- The various optical corrections by means of contact visual aids.
- Individual brilliance enhancement systems for night flying conditions.
- The harmful effects, on the ocular apparatus, of various radiations (ultraviolet, infrared, visible spectrum, ionizing radiations, laser, nuclear weapons).
- Means of protection against these various hazards.

The material in this publication was assembled to support a Lecture Series under the sponsorship of the Aerospace Medical Panel and the Consultant and Exchange Programme of AGARD, presented on 22–23 June 1981 in Paris, France and 25–26 June 1981 in Fürstenfeldbruck, Germany.

ISBN 92-835-0292-2

- The various optical corrections by means of contact visual aids.
- Individual brilliance enhancement systems for night flying conditions.
- The harmful effects, on the ocular apparatus, of various radiations (ultraviolet, infrared, visible spectrum, ionizing radiations, laser, nuclear weapons).
- Means of protection against these various hazards.

The material in this publication was assembled to support a Lecture Series under the sponsorship of the Aerospace Medical Panel and the Consultant and Exchange Programme of AGARD, presented on 22–23 June 1981 in Paris, France and 25–26 June 1981 in Fürstenfeldbruck, Germany.

ISBN 92-835-0292-2

AGARD

NATO OTAN

7 RUE ANCELLE · 92200 NEUILLY-SUR-SEINE

FRANCE

Telephone 745.08.10 · Telex 610176

DISTRIBUTION OF UNCLASSIFIED AGARD PUBLICATIONS

AGARD does NOT hold stocks of AGARD publications at the above address for general distribution. Initial distribution of AGARD publications is made to AGARD Member Nations through the following National Distribution Centres. Further copies are sometimes available from these Centres, but if not may be purchased in Microfiche or Photocopy form from the Purchase Agencies listed below.

NATIONAL DISTRIBUTION CENTRES

BELGIUM
Coordonnateur AGARD – VSL
Etat-Major de la Force Aérienne
Quartier Reine Elisabeth
Rue d'Evere, 1140 Bruxelles

CANADA
Defence Science Information Services
Department of National Defence
Ottawa, Ontario K1A OK2

DENMARK
Danish Defence Research Board
Østerbrogades Kaserne
Copenhagen Ø

FRANCE
O.N.E.R.A. (Direction)
29 Avenue de la Division Leclerc
92320 Châtillon sous Bagneux

GERMANY
Fachinformationszentrum Energie,
Physik, Mathematik GmbH
Kernforschungszentrum
D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2

GREECE
Hellenic Air Force General Staff
Research and Development Directorate
Holargos, Athens

ICELAND
Director of Aviation
c/o Flugrad
Reykjavik

ITALY
Aeronautica Militare
Ufficio del Delegato Nazionale all'AGARD
3, Piazzale Adenauer
Roma/EUR

LUXEMBOURG
See Belgium

NETHERLANDS
Netherlands Delegation to AGARD
National Aerospace Laboratory, NLR
P.O. Box 126
2600 A.C. Delft

NORWAY
Norwegian Defence Research Establishment
Main Library
P.O. Box 25
N-2007 Kjeller

PORTUGAL
Direcção do Serviço de Material
da Forca Aerea
Rua da Escola Politécnica 42
Lisboa
Attn: AGARD National Delegate

TURKEY
Department of Research and Development (ARGE)
Ministry of National Defence, Ankara

UNITED KINGDOM
Defence Research Information Centre
Station Square House
St. Mary Cray
Orpington, Kent BR5 3RE

UNITED STATES
National Aeronautics and Space Administration (NASA)
Langley Field, Virginia 23365
Attn: Report Distribution and Storage Unit

THE UNITED STATES NATIONAL DISTRIBUTION CENTRE (NASA) DOES NOT HOLD STOCKS OF AGARD PUBLICATIONS, AND APPLICATIONS FOR COPIES SHOULD BE MADE DIRECT TO THE NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE (NTIS) AT THE ADDRESS BELOW.

PURCHASE AGENCIES

Microfiche or Photocopy
National Technical
Information Service (NTIS)
5285 Port Royal Road
Springfield
Virginia 22161, USA

Microfiche
Space Documentation Service
European Space Agency
10, rue Mário Nikis
75015 Paris, France

Microfiche
Technology Reports
Centre (DTI)
Station Square House
St. Mary Cray
Orpington, Kent BR5 3RF
England

Requests for microfiche or photocopies of AGARD documents should include the AGARD serial number, title, author or editor, and publication date. Requests to NTIS should include the NASA accession report number. Full bibliographical references and abstracts of AGARD publications are given in the following journals:

Scientific and Technical Aerospace Reports (STAR)
published by NASA Scientific and Technical
Information Facility
Post Office Box 8757
Baltimore/Washington International Airport
Maryland 21240, USA

Government Reports Announcements (GRA)
published by the National Technical
Information Services, Springfield
Virginia 22161, USA

Printed by Technical Editing and Reproduction Ltd
Harford House, 7–9 Charlotte St, London W1P 1HD

DA
FILM