



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

Par

**L'Interne des Hôpitaux des Armées
Jean-Marie LOREAU**

Le 2 Octobre 2013

Les malaises en vol chez le personnel navigant militaire français

Etude rétrospective de 65 navigants hospitalisés dans le service de médecine
aéronautique de l'HIA PERCY entre 1996 et 2011

Examineurs de la thèse :

Monsieur le Professeur Gilles KARCHER
Monsieur le Professeur Jean-Pierre KAHN
Monsieur le Professeur Bruno LEVY
Monsieur le Professeur Jean-Pierre CRANCE
Monsieur le Médecin en Chef Olivier MANEN

Président du jury
Juge
Juge
Juge
Juge

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

Par

**L'Interne des Hôpitaux des Armées
Jean-Marie LOREAU**

Le 2 Octobre 2013

Les malaises en vol chez le personnel navigant militaire français

Etude rétrospective de 65 navigants hospitalisés dans le service de médecine
aéronautique de l'HIA PERCY entre 1996 et 2011

Examineurs de la thèse :

Monsieur le Professeur Gilles KARCHER
Monsieur le Professeur Jean-Pierre KAHN
Monsieur le Professeur Bruno LEVY
Monsieur le Professeur Jean-Pierre CRANCE
Monsieur le Médecin en Chef Olivier MANEN

Président du jury
Juge
Juge
Juge
Juge

Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine :
Professeur Henry COUDANE

Vice-Doyen « Pédagogie » : Mme la Professeure Karine ANGIOI
Vice-Doyen Mission « Sillon lorrain » : Mme la Professeure Annick BARBAUD
Vice-Doyen Mission « Finances » : Professeur Marc BRAUN

Assesseurs :

- 1 ^{er} Cycle :	Professeur Bruno CHENUUEL
- 2 ^{ème} Cycle :	Professeur Marc DEBOUVERIE
- 3 ^{ème} Cycle :	Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI
• « DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques »	
• « DES Spécialité Médecine Générale »	Professeur Paolo DI PATRIZIO
- Commission de Prospective Universitaire :	Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT
- Développement Professionnel Continu :	Professeur Jean-Dominique DE KORWIN
- Filières professionnalisées :	M. Walter BLONDEL
- Formation Continue :	Professeur Hervé VESPIGNANI
- Recherche :	Professeur Didier MAINARD
- Relations Internationales :	Professeur Jacques HUBERT
- Universitarisation des études paramédicales et gestion des mono-appartenants :	M. Christophe NEMOS
- Vie Étudiante :	Docteur Stéphane ZUILY
- Vie Facultaire :	Mme la Docteure Frédérique CLAUDOT
- Étudiants :	M. Xavier LEMARIE

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ - Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY
 Patrick BOISSEL Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL
 Claude CHARDOT - François CHERRIER - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE
 Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean DUHEILLE - Adrien DUPREZ - Jean-Bernard DUREUX
 Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD
 Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Oliéro GUERCI - Pierre HARTEMANN - Claude HURIET
 Christian JANOT - Michèle KESSLER - Jacques LACOSTE - Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE
 Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Michel MANCIAUX
 Philippe MANGIN - Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Denise MONERET-VAUTRIN - Pierre MONIN - Pierre NABET
 Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS - Claude PERRIN - Guy PETIET
 Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL - Jean PREVOT - Francis RAPHAEL
 Antoine RASPILLER - Michel RENARD - Jacques ROLAND - René-Jean ROYER - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT
 Michel SCHWEITZER - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT
 Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ - Gérard VAILLANT - Paul VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET
 Michel WAYOFF - Michel WEBER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Gérard BARROCHE Professeur Pierre BEY - Professeur Patrick BOISSEL
 Professeur Michel BOULANGE - Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE
 Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ - Professeure Michèle KESSLER
 Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS - Professeur Luc PICARD - Professeur Michel PIERSON
 Professeur Michel SCHMITT - Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Michel STRICKER - Professeur Hubert
 UFFHOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeure Colette VIDAILHET - Professeur Michel VIDAILHET - Professeur Michel
 WAYOFF

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Professeur Bernard FOLIGUET

3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médecine)

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON – Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur René ANXIONNAT

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUUEL – Professeur Christian BEYAERT

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Professeur Ali DALLOUL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)

Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

3^{ème} sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

2^{ème} sous-section : (Médecine et santé au travail)

Professeur Christophe PARIS

3^{ème} sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)

Professeur François KOHLER – Professeure Eliane ALBUISSON

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Professeur Pierre BORDIGONI - Professeur Pierre FEUGIER - Professeure Marie-Christine BENE

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY - Professeur Didier PEIFFERT

Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie - réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Gérard AUDIBERT

Professeur Thomas FUCHS-BUDER – Professeure Marie-Reine LOSSER

2^{ème} sous-section : (Réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE – Professeur Faiez ZANNAD - Professeur Patrick ROSSIGNOL

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Hervé VESPIGNANI - Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE
Professeur Luc TAILLANDIER - Professeur Louis MAILLARD

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE – Professeur Olivier KLEIN
Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeure Annick BARBAUD

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT – Professeur Thierry FOLLIGUET

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Professeur Marc-André BIGARD - Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeure Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY - Professeur Athanase BENETOS

Professeure Gisèle KANNY – Professeure Christine PERRET-GUILLAUME

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET

Professeur Cyril SCHWEITZER – Professeur Emmanuel RAFFO

2^{ème} sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Jean-Louis BOUTROY - Professeur Philippe JUDLIN

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)

Professeur Roger JANKOWSKI – Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

2^{ème} sous-section : (Ophtalmologie)

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeure Karine ANGIOI

3^{ème} sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)
Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeure Muriel BRIX
=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61^{ème} Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL
Professeur Walter BLONDEL

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER
=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE
Professeur Jean-Marc BOIVIN

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE
Professeur associé Paolo DI PATRIZIO
=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE
1^{ère} sous-section : (Anatomie)
Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT – Docteure Manuela PEREZ
2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)
Docteur Edouard BARRAT - Docteure Françoise TOUATI – Docteure Chantal KOHLER
3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)
Docteure Aude MARCHAL

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE
1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)
Docteur Jean-Claude MAYER - Docteur Jean-Marie ESCANYE
2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médecine)
Docteur Damien MANDRY

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION
1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)
Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN
Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA
2^{ème} sous-section : (Physiologie)
Docteur Mathias POUSSEL – Docteure Silvia VARECHOVA
3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)
Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE
1^{ère} sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)
Docteure Véronique VENARD – Docteure Hélène JEULIN – Docteure Corentine ALAUZET
2^{ème} sous-section : (Parasitologie et mycologie)
Madame Marie MACHOUART

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ
1^{ère} sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)
Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteure Frédérique CLAUDOT – Docteur Cédric BAUMANN
2^{ème} sous-section (Médecine et Santé au Travail)
Docteure Isabelle THAON
3^{ème} sous-section (Médecine légale et droit de la santé)
Docteur Laurent MARTRILLE
4^{ère} sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)
Docteur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE
2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique))

Docteure Lina BOLOTINE

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteure Céline BONNET

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique)

Docteure Françoise LAPICQUE – Docteur Nicolas GAMBIER – Docteur Julien SCALA-BERTOLA

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Docteure Anne-Christine RAT

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Docteure Anne-Claire BURSZEJN

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Docteur Stéphane ZUILY

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)

Docteure Laure JOLY

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

3^{ème} sous-section :

Docteur Olivier MOREL

5^{ème} sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRE DE CONFÉRENCE DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteure Elisabeth STEYER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

19^{ème} Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

40^{ème} Section : SCIENCES DU MÉDICAMENT

Monsieur Jean-François COLLIN

60^{ème} Section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE CIVIL

Monsieur Alain DURAND

61^{ème} Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Monsieur Jean REBSTOCK

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS – Monsieur Pascal REBOUL – Monsieur Nick RAMALANJAONA

65^{ème} Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY - Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE

Monsieur Christophe NEMOS - Madame Natalia DE ISLA - Madame Nathalie MERCIER – Madame Céline HUSELSTEIN

66^{ème} Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale

Docteur Sophie SIEGRIST - Docteur Arnaud MASSON - Docteur Pascal BOUCHE

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
*Research Institute for Mathematical Sciences de
Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume-Uni)
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de Wuhan (CHINE)
Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (U.S.A)
Professeur Martin EXNER (2012)
Université de Bonn (ALLEMAGNE)

REMERCIEMENTS

A notre Maître et président de jury

Monsieur le professeur Gilles KARCHER

Professeur de biophysique et médecine nucléaire

*Vous nous faites l'honneur de présider notre jury de thèse.
Nous vous remercions de la confiance et de l'intérêt que vous
avez bien voulu porter à notre travail. Nous vous prions
d'accepter l'expression de notre plus profond respect et le
témoignage de notre sincère reconnaissance.*

A notre Maître et juge

Monsieur le professeur Jean-Pierre KAHN

Professeur de psychiatrie

*Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger à notre jury de
thèse et de l'intérêt que vous avez témoigné pour notre travail.
Nous vous prions d'accepter nos sincères remerciements.*

A notre Maître et juge

Monsieur le professeur Bruno LEVY

Professeur de réanimation médicale

*Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger à notre jury de thèse et de l'intérêt que vous avez témoigné pour notre travail.
Nous vous prions d'accepter nos sincères remerciements.*

A notre Maître et juge

Monsieur le professeur Jean-Pierre CRANCE

Professeur Emérite de physiologie

Chevalier de la Légion d'Honneur

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

Commandeur des Palmes Académiques

Médaille de l'Aéronautique

Médaille d'Honneur du Service de santé des armées

Vous nous faites l'honneur d'avoir accepté de siéger dans ce jury. Nous vous remercions de la confiance et de l'intérêt que vous avez bien voulu porter à notre travail. Nous vous remercions pour votre disponibilité et vos conseils. Soyez assuré de notre grande reconnaissance et de notre profond respect.

A notre Maître et juge

Monsieur le Médecin en chef Olivier MANEN

Adjoint au Chef de l'Unité Fonctionnelle de Médecine du
Département d'Expertise Aéronautique de l'HIA Percy

*Vous nous avez fait l'immense honneur de diriger cette étude,
vous avez permis la réalisation et l'aboutissement de ce travail.
Nous vous remercions pour votre disponibilité, vos conseils.
Vous nous avez initié à la production scientifique, et nous
sommes heureux d'avoir pu bénéficier de votre expertise.
Soyez assuré de notre grande reconnaissance et de notre
profond respect.*

ECOLE DU VAL-DE-GRÂCE

A Monsieur le Médecin Général Inspecteur Maurice VERGOS

Directeur de l'École du Val de Grâce

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Commandeur de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Récompenses pour travaux scientifiques et techniques – échelon vermeil

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

A Monsieur le Médecin Général Jean-Didier CAVALLO

Directeur adjoint de l'École du Val de Grâce

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier des Palmes Académiques

Récompenses pour travaux scientifiques et techniques – échelon argent

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

A mes parents,

Vous tenez une place immense dans mon cœur. Vous avez toujours été là pour moi, et je vous en remercie.

A mes sœurs Sandie et Vikie, et l'ensemble de ma famille.

A Guillaume,

Merci pour ton soutien, sans faille, en toute circonstance. Je sais que je pourrai toujours compter sur toi.

A Arnaud et Anh Tuan,

Merci pour votre amitié et tous les bons moments passés ensemble.

A Lise,

Merci pour ton amitié sincère et cette merveilleuse année de P1 passée ensemble en piaule de stack.

A Hélène ma cobizuth, et Clément mon parrain.

**A l'ensemble de la boîte et de mes co-internes de l'HIA
LEGOUEST.**

A l'ensemble de mes amis.

**A l'ensemble des équipes médicales et paramédicales
m'ayant accueilli durant mon internat.**

SERMENT

« Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque ».

SOMMAIRE

I.	Introduction.....	20
II.	Le personnel navigant militaire français	22
A.	Sélection des EOPN	23
B.	La visite médicale d'admission	24
C.	Parcours de l'élève pilote de chasse	27
1.	Phase I : Ecole de l'Air	27
2.	Phase II « Tronc commun » : Ecole de pilotage de l'Armée de l'Air	28
3.	Phase III : Ecole de l'aviation de chasse.....	28
4.	Phase IV : Ecole de transition opérationnelle	29
5.	Escadron de transformation opérationnelle et unité opérationnelle	29
D.	Parcours de l'élève pilote de transport	29
E.	Parcours de l'élève pilote d'hélicoptère	30
F.	Parcours de l'élève navigateur.....	30
G.	Formation des autres personnels navigants.....	30
III.	Les malaises en vol.....	31
A.	Définition	31
B.	Etat actuel des connaissances	32
1.	Epidémiologie des malaises en vol.....	33
2.	Symptomatologie des malaises en vol	34
3.	Approche étiologique des malaises en vol	35
C.	Exemple de malaise en vol.....	36
IV.	Matériels et méthodes	37
A.	Type de l'étude et méthodologie.....	37
B.	Objectifs de l'étude.....	38
C.	Analyse statistique.....	38
V.	Résultats.....	39
A.	Epidémiologie des malaises en vol.....	39
1.	Répartition selon l'année d'hospitalisation	39
2.	Répartition en fonction de l'âge.....	40
3.	Répartition en fonction de l'expérience aéronautique.....	40
4.	Répartition en fonction de la spécialité.....	41
5.	Répartition en fonction de l'aéronef concerné	42
B.	Antécédents	42
C.	Sémiologie des malaises en vol.....	43

D.	Explorations cliniques et paracliniques	44
E.	Facteurs étiologiques des malaises en vol	47
F.	Incidence des malaises en vol sur la mission et sur la sécurité des vols	52
1.	Incidence sur la mission.....	52
2.	Mise en jeu de la sécurité des vols.....	52
G.	Conséquences du malaise en vol sur l'aptitude	53
VI.	Discussion.....	54
A.	Visage actuel des malaises en vol.....	54
B.	Comparaison avec l'étude antérieure de référence.....	57
1.	Evolution epidémiologique.....	57
2.	Evolution de la présentation sémiologique	59
3.	Evolution des facteurs étiologiques	59
4.	Evolution des conséquences sur la mission et l'aptitude.....	68
C.	Pourquoi une telle évolution ?	70
1.	Impact du progrès technique.....	70
2.	Prise en compte du facteur humain	71
3.	Gestion en unité opérationnelle	74
D.	Intérêts et limites des explorations en médecine aéronautique.....	75
E.	Illustration de la complexité du malaise en vol : du symptôme à la décision.....	77
VII.	Conclusion	81

LISTE DES ABREVIATIONS

ALAT	:	Aviation Légère de l'Armée de Terre
A-LOC	:	Almost loss of consciousness
ATPL	:	Air Transport Pilot License
BEAD-AIR	:	Bureau Enquêtes et Analyses de la Défense – Armée de l'Air
BMR	:	Bureau de maîtrise des risques
CPEMPN	:	Centre principal d'expertise médicale du personnel navigant
CSFO	:	Cours spécial de formation des officiers
EA	:	Ecole de l'Air
ECG	:	Electrocardiogramme
EEG	:	Electroencéphalogramme
EOPN	:	Elève officier du personnel navigant
ETO	:	Ecole de transition opérationnelle
ETT	:	Echographie trans thoracique
FH	:	Facteur humain
G-LOC	:	G induced –Loss of Consciousness
HIA	:	Hôpital d'instruction des Armées
MEV	:	Malaise en vol
MMR	:	Manœuvre musculo-respiratoire anti-G
MSC	:	Massage sino-carotidien
NOSA	:	Navigateur officier système d'armes
OACI	:	Organisation de l'aviation civile internationale
PEO	:	Potentiel évoqué otolithique
PN	:	Personnel navigant
PNC	:	Personnel navigant commercial
ROC	:	Réflexe oculo-cardiaque
RM	:	Resource Management
SMPCAA	:	Service médical de psychologie clinique appliquée à l'aéronautique
TOP	:	Technique d'optimisation du potentiel

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	:	Répartition des PN hospitalisés pour MEV en fonction de l'âge
Tableau II	:	Expérience aéronautique des PN hospitalisés pour MEV
Tableau III	:	Répartition des PN en fonction de la spécialité
Tableau IV	:	Aéronefs concernés par les MEV chez les PN hospitalisés
Tableau V	:	Symptomatologie des MEV et regroupement sémiologique
Tableau VI	:	Explorations cliniques et paracliniques des MEV
Tableau VII	:	Distribution des PN avec MEV selon le nombre de facteurs étiologiques présentés
Tableau VIII	:	Facteurs étiologiques des malaises en vol
Tableau IX	:	Répartition des facteurs étiologiques en fonction de la spécialité
Tableau X	:	Incidence opérationnelle des MEV
Tableau XI	:	Conséquences des MEV sur l'aptitude
Tableau XII	:	Comparaison de la répartition des MEV en fonction de l'âge
Tableau XIII	:	Comparaison de la répartition des MEV en fonction de la spécialité
Tableau XIV	:	Comparaison de la répartition des MEV en fonction du nombre d'heures de vol
Tableau XV	:	Comparaison de la présentation sémiologique des MEV
Tableau XVI	:	Comparaison des facteurs étiologiques des MEV
Tableau XVII	:	Comparaison de l'incidence des MEV sur la mission
Tableau XVIII	:	Comparaison des décisions d'aptitude

LISTE DES FIGURES

Figure 1	:	Insigne du brevet de pilote chasse
Figure 2	:	Nombre de PN hospitalisés pour MEV en fonction de l'année
Figure 3	:	Le visage actuel des MEV entre 1996 et 2011
Figure 4	:	Les accélérations dans les trois plans de l'espace

I. INTRODUCTION

*« Une fois que vous aurez goûté au vol,
vous marcherez à jamais les yeux tournés vers le ciel,
car c'est là que vous êtes allés,
et c'est là que toujours vous désirerez ardemment retourner. »*

Léonard De Vinci

Voler !

Un rêve, une aspiration que l'homme a toujours poursuivis. Une longue quête parsemée d'embûches au bout de laquelle l'homme a su transgresser l'interdit, bravant ainsi les mises en garde relatées dans la légende d'Icare : ne fut-il pas puni d'atroce manière, le fils de Dédale, cet imprudent, qui crut pouvoir atteindre le soleil en confectionnant une paire d'ailes collées avec de la cire ?

Après les fantasmes de Léonard de Vinci et de nombreux sacrifices tragiques, mais ô combien nécessaires, l'homme réussit à s'envoler dans un espace jusqu'alors réservé aux Dieux. Souvenons-nous du premier voyage aérien officiel, celui de Jean-François Pilâtre de Rozier le 21 novembre 1783 à bord d'un aérostat imaginé par les frères Montgolfier. À l'issue de cet âge des «plus légers que l'air» vint le début du vol plané propulsé. Après les échecs malheureux de Clément Ader, les frères Wright, autrement nommés «les crazy brothers», réussirent en 1903 un vol de 284 m sur un appareil plus lourd que l'air, le flyer.

Les origines de l'aviation militaire remontent à 1909 avec la naissance des escadrilles Farman puis la production en 1912 du Caudron G3, incontournable pour le bombardement et la reconnaissance. Mais celui qui fit passer l'aviation militaire de l'état d'enfance à celui d'adulte fut

Roland-Garros. Il mit au point en 1915 le tir rapide à travers l'hélice sur appareil monoplace. C'est la naissance de l'aviation de chasse.

Au cours de la 1^{ère} guerre mondiale, le commandement était prêt à accepter de lourdes pertes. Rappelons-nous des 182 «as français» dont 37 sont morts au combat et 27 ont été tués après la guerre dans des accidents d'avion. Il va de soi qu'aujourd'hui cela paraît impensable en période de conflit ou d'entraînement.

Si, dans un premier temps, il est incontestable que la part des accidents dus à une cause technique a diminué (55), le pourcentage d'accident par heure de vol a ensuite atteint un niveau en dessous duquel il semblait impossible de passer. Le constat réalisé au début des années 90, attribuant à l'homme dans 80 % des cas (73), une large part de responsabilité dans les accidents aériens a conduit en mars 1994 à l'établissement d'un plan facteur humain (20,21,74). Ce nouveau concept vint bouleverser les mentalités préétablies. En effet, comment faire comprendre à ces « chevaliers du ciel » qu'en fin de compte ils ne sont pas infaillibles et que si leurs machines sont extraordinairement sûres, eux ne le sont pas. Mais si cela commençait mal, l'armée de l'air n'a eu de cesse, depuis 1994, de prendre en compte l'humain et de chercher les outils les plus pertinents afin de lui permettre une adaptation plus efficace à son environnement. La création de formations spécifiques « facteurs humains », et la campagne de dépenalisation de l'erreur débutée en 2006 qui reconnaît enfin ce que les Romains connaissaient déjà il y a des siècles « *ERRARE HUMANUM EST* », montrent bien l'ambition de l'état-major de prendre en compte l'ensemble des éléments pour améliorer la sécurité aérienne. C'est un pari en partie gagné si l'on considère qu'en 2007, le bilan d'activité du Bureau Enquêtes et Analyses de la Défense – Armée de l'Air (BEAD-AIR) montre que 62 % des accidents sont liés au facteur humain, 12 % à une cause technique et 26 % à une cause environnementale (73), et que le taux d'attrition dans l'armée de l'air n'a jamais été aussi bas en 2011 : 0,09 avion détruit pour 10 000 heures de vol. Ce taux était de 4,50 en 1949 et 0,5 en 1982 (22).

Au sein des facteurs humains mettant en jeu la sécurité des vols interviennent les malaises en vol (34). Sur les dix dernières années, quatre enquêtes du BEAD-AIR ont conclu comme cause certaine d'accident un malaise en vol. Le malaise en vol est défini « comme la prise de conscience, par l'aviateur, d'un état pénible qui peut altérer ses moyens de perception et de réaction et qui survient au cours du vol lui-même ».

C'est cette entité typiquement française que l'on se propose d'étudier à travers ce travail rétrospectif sur analyse de dossiers de personnels navigants (PN) hospitalisés pour malaise en vol. La dernière étude similaire ayant rapporté 151 cas a été effectuée entre 1977 et 1990. Il nous paraît intéressant d'actualiser nos connaissances sur les malaises en vol dans ce contexte de prise en compte du facteur humain depuis 1994 au sein de l'armée de l'air.

*« Ce n'est pas la résistance de la matière qui va limiter
les performances aérobatiques de l'oiseau artificiel,
mais bien la résistance de l'Homme,
qui en est le cerveau »
Clément ADER*

II. LE PERSONNEL NAVIGANT MILITAIRE FRANÇAIS

Le personnel navigant (PN) militaire français est composé des pilotes de chasse, des pilotes de transport, des pilotes d'hélicoptère, des navigateurs officiers système d'armes (NOSA) combat et navigateurs transport, des mécaniciens navigants et des aides sécurité cabine. On retrouve les PN majoritairement dans l'armée de l'air mais aussi dans l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT) et dans l'aéronavale. De façon générale, il existe deux modes de recrutement du personnel navigant (57,19) :

- Le recrutement par sélection à partir du baccalauréat : il s'agit des élèves officiers du personnel navigant (EOPN) pour l'armée de l'air, des élèves officiers pilotes de l'aéronautique navale (EOPAN) pour l'aéronavale et des officiers sous contrat filière pilote (OSC/P) pour l'aviation légère de l'armée de terre. C'est la filière principale de recrutement du personnel navigant militaire. Ce sont de futurs officiers sous contrat pour une durée déterminée d'environ 20 années au maximum. Ils seront spécialisés en pilotage ou navigation mais n'auront pas la possibilité de tenir des postes de commandement.
- Le parcours « officier de carrière » en passant les concours d'entrée en école d'officier après avoir effectué une classe préparatoire scientifique : l'Ecole de l'Air à Salon pour l'armée de l'air, l'Ecole Navale à Lanvéoc pour la marine et l'Ecole Spéciale Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan (ESM) pour l'armée de terre.

Avant d'aborder les malaises en vol, il est important de comprendre les étapes de la formation du personnel navigant. Nous nous focaliserons sur les EOPN de l'armée de l'air en particulier.

A. SELECTION DES EOPN

Cette sélection est ouverte aux candidats âgés de plus de 17 ans et de moins de 22 ans de nationalité française à partir du baccalauréat général ou technologique. Les candidats EOPN après constitution de leur dossier sont invités à passer des épreuves permettant d'évaluer leur aptitude à occuper un poste de pilote ou de navigateur. Cette sélection est réalisée au sein du centre de sélection spécifique air sur la base aérienne de Tours et prend quatre jours (57).

Le premier jour, un test psychomoteur appelé « contrôle palonnier » évalue la stabilisation et l'équilibrage. A bord d'une cabine d'avion grossièrement simulée, le candidat doit suivre une lumière rouge avec un viseur en agissant sur les pédales. Il est complété par des tests psychotechniques sur ordinateur, ainsi que des épreuves de culture aéronautique.

Le deuxième jour, une épreuve sur simulateur d'évaluation psychomotrice, le SECPil, permet d'évaluer la coordination des bras et des jambes, la gestion du stress, la capacité de gestion de l'attention et la résistance à l'accroissement de la charge de travail. Installé et brêlé dans un cockpit avec le casque et le masque à oxygène, le candidat est soumis à cinq exercices : le premier exercice consiste à utiliser le palonnier seul pour faire coïncider le viseur avec un point qui se déplace de droite à gauche, le deuxième à utiliser le manche seul pour suivre un point qui se déplace verticalement. Le troisième exercice associe les deux premiers. Dans le quatrième exercice, le candidat devra en plus faire la somme de chiffres apparaissant sur un écran. Enfin, des alarmes aléatoires tenteront de diviser l'attention du candidat dans le cinquième exercice. Un test d'anglais clôture la journée.

- le troisième jour, une épreuve de groupe avec trois observateurs (deux officiers psychologues et un spécialiste en recrutement) a pour objectif d'évaluer le comportement de chaque candidat dans un contexte d'existence sociale.

- le quatrième et dernier jour, deux entretiens par deux jurys dont l'un est composé de deux officiers du personnel navigant et l'autre d'un officier psychologue, apprécient en particulier le degré de motivation des candidats.

À l'issue de l'évaluation, parmi les candidats encore en lice, une commission de sélection dresse la liste des candidats retenus pour une admission en tant que pilote ou navigateur.

La finalité de ces tests est l'optimisation du succès en école de pilotage : les sujets ainsi sélectionnés sont réputés pouvoir aller au bout de leur formation. Par contre, les tests ne sont en rien prédictifs d'un risque d'accident.

B. LA VISITE MEDICALE D'ADMISSION

La visite médicale d'aptitude initiale est réalisée dans l'un des centres d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) : centre principal d'expertise de Percy, centres d'expertise de Bordeaux et Toulon. Les candidats aux emplois du personnel navigant doivent

satisfaire à des critères médicaux d'aptitude spécifiques aux navigants, conformément à l'instruction ministérielle 800 relative à l'aptitude médicale aux emplois du personnel navigant des forces armées du 20 février 2008 (17). Ces critères sont en effet plus stricts que les normes d'aptitude à l'engagement dans les armées dans les spécialités non navigantes.

Les normes d'aptitude médicale (18) pour les membres du personnel navigant sont réparties en quatre « standards ». Pour chacun d'entre eux, l'attribution d'un coefficient permet de préciser la catégorie dans laquelle l'intéressé doit être classé.

Ces standards sont :

- le standard d'aptitude générale aviation SGA coefficient 1 ou 2,
- le standard d'acuité visuelle aviation SVA coefficient 1, 2, 3, 4 ou 5,
- le standard de perception des couleurs aviation SCA coefficient 1 ou 2,
- le standard d'audition aviation SAA coefficient 1, 2 ou 3.

La combinaison des quatre standards constitue le profil aviation, traduction chiffrée des constatations faites au cours de l'expertise.

A chaque profil aviation (déterminé par le Service de Santé) correspond une possibilité d'emploi dans le personnel navigant en admission ou en révision (déterminé par les Etats-majors respectifs). En l'occurrence, l'armée de l'air recrute des sujets aptes pour tout aéronef lors de la visite initiale.

Ainsi, le profil minimal requis pour une aptitude personnel navigant initiale dans l'armée de l'air est : SGA 1 AH, SVA 2, SCA 1, SAA 2. Les lettres A et H correspondent à l'aptitude aux sièges éjectables et aux voilures tournantes. Le profil médical exigé en cours de carrière est moins strict.

L'expertise initiale aboutit à l'une des trois conclusions suivantes : apte, inapte temporaire ou inapte.

En pratique, l'expertise d'admission comporte un examen clinique complet qui vérifiera l'intégrité de chaque appareil. Pour chacun d'entre eux, quelques exemples de pathologies entraînant l'inaptitude seront cités.

- l'examen de la constitution physique générale. En dehors du fait que le candidat doit être robuste et de constitution normale, il doit remplir des conditions anthropométriques comprenant une taille minimale pour tout aéronef, des mensurations segmentaires pour entrer dans le cockpit exigu d'un avion à hautes performances, et une taille maximale pour les voilures tournantes,
- l'appareil cardio-circulatoire : les antécédents de syncopes vaso-vagales récidivantes, une hypotension artérielle orthostatique avérée ou des troubles marqués de la circulation veineuse périphérique entraînent l'inaptitude,
- l'appareil respiratoire : les antécédents de pneumothorax spontané ou d'asthme évolutif sont éliminatoires,
- l'appareil digestif : les antécédents de maladie ulcéreuse gastroduodénale entraînent l'inaptitude,
- l'appareil génito-urinaire : la présence de lithiase des voies urinaires est éliminatoire,
- l'appareil endocrinien : un goître important ou compliqué conduit à l'inaptitude,
- l'appareil neurologique : la migraine invalidante ou compliquée est incompatible avec l'aptitude,
- l'examen otologique et de la denture : toute perforation tympanique est éliminatoire,
- la sangle abdominale : les hernies sont éliminatoires,
- l'appareil locomoteur, le crâne et la face,
- l'examen psychique qui permet de repérer par l'étude des antécédents et des signes cliniques les candidats à orienter vers une consultation spécialisée (non

systematique) ; la qualité de la motivation professionnelle doit tout particulièrement y être appréciée.

L'expertise se poursuit par un examen spécialisé ophtalmologique complet : acuité visuelle, fond d'œil, champ visuel, vision en relief, sens chromatique à l'aide des tables d'Ishihara, et seuil morphoscopique nocturne ainsi qu'un examen spécialisé ORL avec réalisation systématique d'une audiométrie et d'une tympanométrie pour éliminer un dysfonctionnement tubaire.

Les examens paracliniques systématiques sont :

- Examen des urines : recherche semi-quantitative d'une protéinurie, glycosurie, hématurie ou autres éléments anormaux (leucocytes, nitrites, cétone) et dépistage urinaire de produits stupéfiants,
- Examen sanguin : NFP, CRP, acide urique, cholestérol total, triglycérides, glycémie, créatininémie, GGT, transaminases, dépistage d'un trait drépanocytaire chez tous les candidats originaires d'outre-mer,
- Une spirométrie,
- Radiographies pulmonaire et du rachis,
- Un électrocardiogramme,
- Un électroencéphalogramme sensibilisé.

C. PARCOURS DE L'ELEVE PILOTE DE CHASSE

1. PHASE I : ECOLE DE L'AIR

Depuis la disparition de la sélection en vol en janvier 2006, les élèves pilotes admis rejoignent Salon-de-Provence et y reçoivent une formation militaire initiale, une formation militaire générale de l'officier (CSFO) et passent l'ATPL théorique (Air Transport Pilot License). Ils effectueront également 25 heures de vol sur TB10 dans le cadre de leur formation aérienne

militaire initiale (FAMI). Cette formation de trois mois va aboutir au lâcher de l'élève seul à bord (vol solo) et constitue une première évaluation de ses capacités en vol.

2. PHASE II « TRONC COMMUN » : ECOLE DE PILOTAGE DE L'ARMEE DE L'AIR

L'élève pilote rejoint ensuite la base aérienne de Cognac pour sa formation de base au vol comprenant 60 heures de vol sur Grob 120, 70 heures de vol sur Epsilon et 35 heures sur simulateur. La progression en vol dite « de base » des élèves pilotes est constituée de missions de pilotage d'accoutumance, de voltige, de vol aux instruments, de vol de nuit, de navigation et de vol en formation. En fonction des besoins de l'armée de l'air, des résultats obtenus et de leurs aspirations, les élèves sont orientés à l'issue de cette progression vers les filières « chasse » ou « transport ».

3. PHASE III : ECOLE DE L'AVIATION DE CHASSE

Après cinq semaines d'instruction au sol consacrée à l'étude de l'Alphajet et à l'entraînement sur simulateur de vol, les élèves pilotes de chasse effectuent environ 85 heures de vol sur Alphajet réparties en 66 missions et 30 heures de simulateur. Ils se perfectionnent ainsi dans les disciplines de voltige, du vol en formation, la navigation, le vol sans visibilité, le vol de nuit... A l'issue de cette formation de 32 semaines, si le candidat a satisfait aux notations des instructeurs, il se voit décerner le brevet de pilote de chasse et reçoit ses deux ailes. Il est ainsi capable de piloter un avion de chasse « école ».



Figure 1 : Insigne du brevet de pilote de chasse

4. *PHASE IV : ECOLE DE TRANSITION OPERATIONNELLE*

L'école de transition opérationnelle (ETO) apporte une formation au combat aérien et à l'apprentissage du tir air-air et air-sol aux jeunes brevetés pendant une durée de 30 semaines, toujours sur Alphajet. Cette formation entièrement dispensée en anglais représente environ 100 heures de vol.

5. *ESCADRON DE TRANSFORMATION OPERATIONNELLE ET UNITE OPERATIONNELLE*

Le pilote est ensuite affecté au sein d'un escadron de transformation opérationnelle, dans lequel il apprendra à manier spécifiquement le Mirage 2000, le Rafale ou le Mirage F1. Puis il rejoindra son unité opérationnelle où il devra acquérir progressivement la qualification de pilote opérationnel (apte à tous types de missions en solo), sous-chef de patrouille (leader de deux avions) puis chef de patrouille (leader de quatre avions). La durée totale de formation représente ainsi cinq ans pour un pilote opérationnel et plus de sept ans pour un pilote chef de patrouille. Cette dernière qualification représente l'aboutissement personnel de la formation mais aussi de l'institution militaire qui a investi dans le candidat. Notons que les échecs de la formation surviennent tant en phase initiale qu'à partir de la transformation et jusqu'à la qualification chef de patrouille. Cette dernière symbolise donc réellement le succès total de la formation.

D. *PARCOURS DE L'ELEVE PILOTE DE TRANSPORT*

L'élève pilote de transport suit le même cursus initial que le pilote de chasse : phase initiale à l'Ecole de l'Air (EA) et tronc commun à Cognac. Il est ensuite orienté vers l'école de l'aviation de transport (EAT) sur la base aérienne 702 d'Avord où il effectuera des missions en vol sur Xingu afin de préparer son CPL (Commercial Pilot License) et son IR (Instrument Rating). Puis vient la formation théorique et pratique sur le Transall sur les bases d'Orléans et d'Evreux. Le pilote confirmé sera qualifié sur un appareil et évoluera ensuite éventuellement sur

un autre. Ainsi, il pourra être amené à piloter sur C-130H Hercules, C-160 Transall ou CN-235 pour des missions de transport tactique et de fret, sur C135 pour des missions de ravitaillement en vol, sur Falcon pour des missions d'évacuations sanitaires (MEDEVAC) ou de transport léger (13 passagers), sur TBM 700 pour des liaisons courtes (quatre passagers), sur Airbus A340 et A310 (mission logistique et transport de fret), sur l'Airbus présidentiel...

E. PARCOURS DE L'ELEVE PILOTE D'HELICOPTERE

Après leur formation initiale à Salon-de-Provence, les élèves pilotes d'hélicoptère poursuivent leur cursus à l'Ecole de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (EALAT) à DAX pour leur formation initiale sol et vol d'une durée de 16 mois. Puis ils rejoignent le Centre d'instruction des équipages d'hélicoptère (CIEH) pour leur formation spécialisée avant d'être affectés en unité de transformation opérationnelle puis en unité opérationnelle. Le pilote confirmé volera sur Caracal, Super Puma, Puma ou Fennec. L'une des missions les plus périlleuses est la recherche et le secours au combat (RESCO).

F. PARCOURS DE L'ELEVE NAVIGATEUR

L'élève navigateur suit la même formation initiale à l'Ecole de l'Air, mais il restera poursuivre sa formation spécifique (44 semaines) à Salon-de-Provence (formation théorique et 40 heures de vol sur Cirrus SR22). Les navigateurs chasse (NOSA) rejoindront ensuite Tours pour 38 semaines et 70 heures de vol alors que les navigateurs transport finiront leur formation (10 semaines) à Salon.

G. FORMATION DES AUTRES PERSONNELS NAVIGANTS

Les mécaniciens navigants sont formés à l'Ecole de formation des sous-officiers de l'armée de l'air (EFSOAA).

Après une sélection et la formation militaire initiale à Saintes, les agents sécurité cabine sont formés pendant six semaines dans un centre d'instruction spécialisé à Creil. Leur emploi

s'apparente aux personnels navigants commerciaux (PNC) civils (stewards / hôtesse) mais adapté à l'Institution et aux spécificités du transport aérien militaire.

III. LES MALAISES EN VOL

A. DÉFINITION

Le malaise en vol (MEV) est défini comme la «prise de conscience, par l'aviateur, d'un état pénible qui peut altérer ses moyens de perception et de réaction et qui survient au cours du vol lui-même» (8). Il est important de préciser que le vol est à la fois circonstanciel et générateur de cet état pénible. Tout évènement médical survenant en vol, et lié de façon évidente à une pathologie organique voire psychique, ne répond donc pas à la définition du MEV. Toute cause potentielle de MEV, qui en fait aurait pu entraîner les mêmes symptômes au sol, ne devient plus une cause de MEV. Par exemple, un infarctus du myocarde en vol n'est pas du MEV ; le vol n'a été que circonstanciel. De même, une colique néphrétique en vol peut entraîner une incapacité subite mais ne répond pas à la définition du MEV. En revanche, un sujet peut avoir une maladie lithiasique, avec une lithiase en place, et redouter la survenue d'une colique néphrétique en vol ; cela pourra induire un état de mal être dans l'avion avec incapacités subtiles (stress, baisse de concentration, peur éventuellement...) : c'est ça le MEV.

Il s'agit d'une notion française, non reconnue par les anglo-saxons, née de la constatation dans les années 50 que ces « états pénibles » ne survenaient qu'en vol et jamais ou très exceptionnellement au sol.

Si l'on s'intéresse aux définitions des «incapacités» (15,41) selon l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) qui exprime le consensus international, on distingue :

- Les incapacités subites en vol qui correspondent à la survenue rapide d'une anomalie physique, sensorielle ou psychique entraînant la perte des capacités opérationnelles

du navigant ; elles sont immédiatement perceptibles par les autres membres de l'équipage,

- Les incapacités subtiles en vol qui se définissent par la survenue brève d'une anomalie physique, sensorielle ou psychique entraînant l'altération transitoire et rapidement réversible des performances et de l'attention du navigant ; insidieuses, elles ne sont pas perçues par l'entourage,
- Les incapacités cognitives qui font référence à un état physiologique ou psychologique ayant des effets défavorables sur l'exécution des fonctions.

Contrairement à l'OACI qui envisage les incapacités sur le plan opérationnel, l'approche française est plus physiopathologique et tend à définir le lien entre l'incapacité et le vol.

Du point de vue de l'expression clinique, le MEV s'apparente ou peut déboucher sur une incapacité subtile ou cognitive, en priorité. Cela dit, une hypoxie suraiguë par accident de décompression va entraîner une symptomatologie brutale, et pourra être considérée comme un MEV de cause purement technique, avec incapacité brutale. De même, les pertes de connaissances brutales sous facteur de charge constituent des MEV avec incapacités subites.

B. ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES

La notion de malaise en vol est née avec les travaux de deux français PLACIDI et FLANDROIS dans les années 50 (62) reposant sur 64 observations de symptômes en vol sur quatre ans, puis une étude analytique de PESQUIES *et al.* (59) rapportant 106 cas d'évènements en vol entre 1961 et 1968 ayant entraîné une interruption de mission.

On notera par la suite la réalisation de trois études rétrospectives réalisées sur des observations de navigants hospitalisés pour malaises en vol dans le service de médecine aéronautique de l'ancien hôpital d'instruction des armées Dominique Larrey à Versailles :

- Celle de TABUSSE et PANNIER (71) étudiant 40 cas de malaises en vol sur une période de sept ans,

- Celle de LEGUAY et MAYER (42,49) à propos de 100 dossiers de malaises en vol entre 1958 et 1976,
- Et celle de BURLATON *et al.* (7,8,39) sur 151 dossiers de 1977 à 1990.

On citera également des études réalisées par questionnaires menés auprès des PN :

- L'enquête de MONCHALIN (51-53) réalisée en 1991-1992 sur un échantillon de 294 PN de l'armée de l'air tiré au sort sur l'ensemble de tous les PN,
- Et celle d'EVEN (23) sur la base aérienne 709 de Cognac (base de formation), enquête menée auprès des 258 membres du PN stationnés sur la base à la fin du mois de mars 2002.

Ces études ont permis d'appréhender cette notion nouvelle, le MEV, sur un plan épidémiologique, sémiologique et étiopathogénique.

1. *EPIDEMIOLOGIE DES MALAISES EN VOL*

Les études de LEGUAY et MAYER (42,49) et de BURLATON *et al.* (7,8,39) retrouvaient une moyenne annuelle de 11 PN hospitalisés pour MEV. Il est bien entendu que ce nombre ne reflète pas une réalité concrète sur le terrain mais constitue un marqueur de comparaison et un marqueur des MEV graves, car tous les PN présentant des MEV ne sont pas hospitalisés.

Pour approcher de façon plus réaliste la fréquence des MEV, il est logique de se baser sur les enquêtes par questionnaires, quoique toujours critiquables. Ainsi, MONCHALIN retrouvait une prévalence du MEV de 30,3% (52) et EVEN de 35,5% (23). La prévalence légèrement plus élevée constatée par EVEN a permis de supposer que les élèves-pilotes étaient plus concernés par ces événements. En outre, il est communément admis dans le milieu aéronautique que tout pilote militaire a été confronté au moins une fois au MEV dans sa carrière. D'ailleurs, l'enquête d'EVEN montrait que seulement 22% des individus victimes de MEV en avaient fait part au médecin PN (23). Nous pouvons donc conclure à une fréquence élevée des MEV et une sous-déclaration par les navigants eux-mêmes.

Par ailleurs, l'ensemble des études montre de façon assez collégiale que les MEV touchent plus particulièrement les plus jeunes ayant peu d'expérience aéronautique (plus de 50%) mais on note également une recrudescence chez les plus anciens.

La population la plus touchée reste incontestablement les élèves pilotes et les pilotes de chasse, ces catégories représentant environ 2/3 des effectifs dans l'ensemble des études sus citées.

L'ensemble des études montre enfin la mise en jeu potentielle de la sécurité des vols, ou tout du moins le retentissement opérationnel important et le caractère pénalisant sur le plan professionnel avec un taux d'inaptitude définitive de 33% quand le sujet est hospitalisé (52).

2. SYMPTOMATOLOGIE DES MALAISES EN VOL

Il est important de préciser qu'il s'agit de données d'interrogatoires recueillies à distance de l'évènement, qui peuvent ne pas être exhaustives vis-à-vis de l'ensemble des symptômes, et donc retranscrites de façon plus ou moins fidèle dans le dossier médical.

La sémiologie des MEV est riche et variée. Ce polymorphisme sémiologique apparaît bien dans l'ensemble des études réalisées. Chaque MEV va comporter plusieurs signes cliniques qui peuvent être classés dans huit regroupements sémiologiques (49,39):

- Altérations des fonctions supérieures,
- Troubles psychologiques,
- Manifestations neuro-sensorielles,
- Manifestations digestives,
- Manifestations douloureuses diverses,
- Manifestations cardio-vasculaires,
- Manifestations respiratoires,
- Asthénie.

Les troubles neuro-sensoriels (troubles visuels, vertiges, illusions sensorielles, paresthésies, tremblements...) sont les plus fréquents. Ils ont été retrouvés chez 71 % des sujets (8) dans l'étude de BURLATON *et al.* En revanche, les altérations des fonctions supérieures (perte de connaissance, obnubilation, trouble de la vigilance ou du jugement, désorientation temporo-spatiale) sont en régression depuis l'étude de LEGUAY et MAYER.

3. APPROCHE ETIOLOGIQUE DES MALAISES EN VOL

On distingue trois grandes étapes successives dans l'approche étiologique du MEV, à travers les études réalisées depuis les années 50 (41).

Les premières études, en vertu de connaissances aéronautiques techniques, physiologiques et médicales limitées, retenaient essentiellement des facteurs aéronautiques comme facteurs étiologiques des malaises en vol : hypoxie, dysbarisme, accélérations, dysfonctionnement technique... PLACIDI et FLANDROIS décrivaient ainsi 14 cas d'hypoxie sur leur effectif de 64 (62). C'est la période où les MEV sont facilement « compris », en réalité de façon très incomplète.

Puis, grâce au progrès technique, le poids des facteurs aéronautiques a diminué et, en parallèle a été reconnu le rôle du facteur psychologique. C'est ainsi que l'étude de PESQUIES *et al.* mit en exergue une défaillance d'ordre psychologique dans 25% des malaises en vol (59). Le facteur humain dans cette période a été largement intégré.

Ce n'est qu'à partir du travail de LEGAY et MAYER (42,49) qu'une approche multifactorielle du MEV a pris naissance, approche qui fut reprise dans les études plus récentes. A l'heure actuelle, il est reconnu qu'un MEV peut être lié à un ou plusieurs facteurs étiologiques, terme préféré à celui d'étiologies. Cette nuance fait comprendre d'une part la complexité de la compréhension de chaque MEV, de sorte qu'aucun MEV ne ressemble à un autre, d'autre part que l'on est loin du premier concept étiopathogénique des années 50.

C. EXEMPLE DE MALAISE EN VOL

Le 19 septembre 2003, à 7h02, un élève pilote en solo, en phase de pré-spécialisation chasse, décolle du terrain de Salon-de-Provence pour effectuer une mission d'entraînement à la voltige. Une trentaine de minutes plus tard, l'avion percute le sol. L'élève pilote est tué, le Tucano est détruit. L'élève pilote comptait 121h30 de vol dont 13h35 sur Tucano. Les conditions météorologiques étaient favorables. Le matin du vol, l'élève avait été briefé par son instructeur pilote. Il n'avait pas déjeuné.

Au terme de l'enquête (3) réalisée par le Bureau Enquêtes et Analyses de la Défense – Armée de l'Air (BEAD-Air), il apparaît que cet accident résulterait d'une perte de connaissance liée au facteur de charge, c'est-à-dire aux accélérations +Gz. Ce G-LOC (G induced –Loss of Consciousness) est très probablement en rapport avec une diminution de la tolérance de l'élève pilote au facteur de charge par un effet de « fatigue » dans un contexte de programme de voltige dense, exécuté de façon soutenue et sans période de relâchement. Cette baisse de tolérance a été favorisée par le caractère à jeun le matin du vol, l'effet stress et l'absence de formation pratique en centrifugeuse aux manœuvres anti-G.

Il est important de souligner le fait que cet exemple caricatural de MEV, simple dans sa présentation clinique et ses explications physiopathologiques ne reflète pas le modèle du MEV dans sa généralité. S'il est présenté ici, c'est bien pour rendre compte de la très haute dangerosité du MEV, la mise en jeu de la sécurité aérienne qui en découle ayant été extrême dans cette situation.

IV. MATERIELS ET METHODES

A. TYPE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE

Nous avons réalisé une étude rétrospective à partir des dossiers médicaux de 65 membres du personnel navigant militaire français.

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- avoir présenté un ou plusieurs malaises en vol répondant à la définition sus jacente,
- avoir été hospitalisé pour ce motif entre le 1er janvier 1996 et le 31 décembre 2011, pour évaluation étiologique et pronostique, dans le service de médecine aéronautique de l'HIA Percy à Clamart.

L'ensemble des dossiers de patients hospitalisés dans le service de médecine aéronautique de l'HIA PERCY sur la période 1996 à 2011 a été consulté afin de ne retenir à la lecture de chaque dossier que ceux répondant aux critères d'inclusion. Il est à noter que l'ensemble des observations est élaboré sur un modèle type présenté en annexe 1.

L'ensemble des données a été recueilli au sein d'un tableur Microsoft Office Excel 2007. Pour chaque patient, les données suivantes étaient recensées :

- l'état civil : âge, sexe,
- les données aéronautiques : nombre d'heures de vol, spécialité, aéronef concerné,
- les antécédents de MEV et les antécédents significatifs en dehors de tout vol,
- la sémilogie du ou des MEV ayant justifié l'hospitalisation,
- l'influence du ou des MEV sur la mission,

- les examens cliniques et les explorations paracliniques réalisés et leurs résultats,
- les facteurs étiologiques retenus au final,
- les conséquences en termes d'aptitude.

A partir de ce tableur ont été extraites les données agrégées dont les classes d'âge et classes d'heures de vol, pour un souci de facilité de comparaison, ont été assimilées à celles de l'étude de 1992.

B. OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif principal de l'étude est d'apprécier de façon actualisée les caractéristiques épidémiologiques, sémiologiques, étiologiques et pronostiques des malaises en vol sur les 15 dernières années.

L'objectif secondaire, développé à travers la discussion, est de comparer ces données à celles de la dernière étude du même type, réalisée sur la période 1977 à 1990 (8,39).

C. ANALYSE STATISTIQUE

Afin de comparer les données agrégées de notre étude avec celles de 1992, et de valider la pertinence statistique des différences obtenues, nous avons utilisé la méthode statistique du Khi2 afin d'obtenir la mesure du p en utilisant le logiciel Epi Info V6. La valeur du p retenue comme seuil de significativité est $p < 0,05$.

V. RESULTATS

A. EPIDEMIOLOGIE DES MALAISES EN VOL

1. REPARTITION SELON L'ANNEE D'HOSPITALISATION

La figure 2 représente le nombre de PN hospitalisés pour MEV en fonction de l'année. Le nombre moyen d'hospitalisations pour MEV sur notre période d'étude est de 4 par an avec un écart-type de 2.

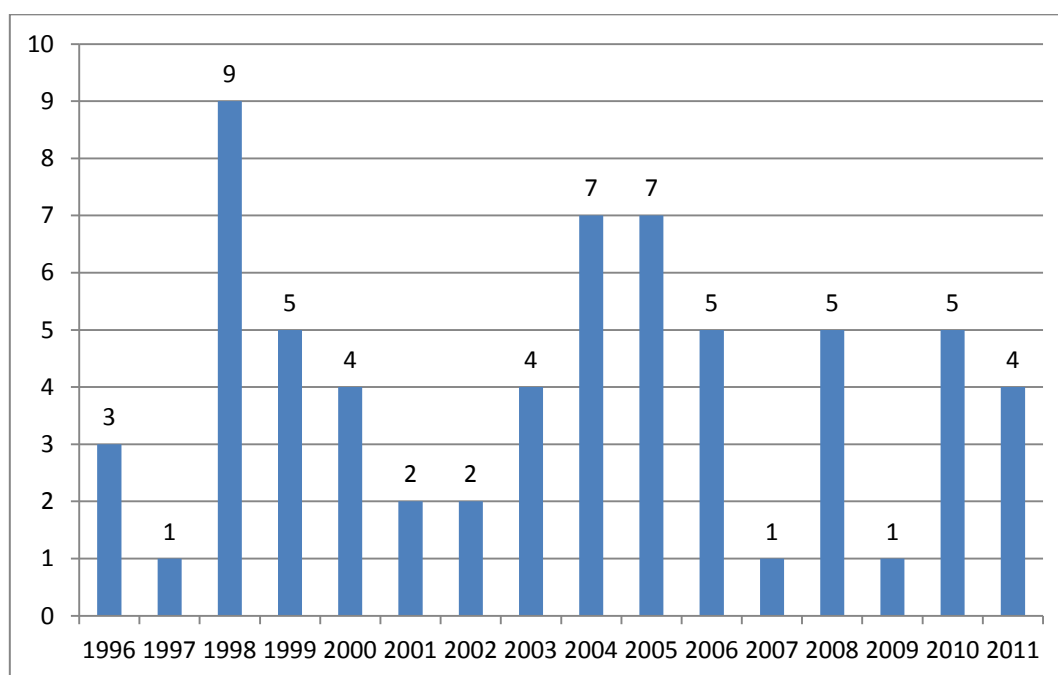


Figure 2 : Nombre de PN hospitalisés pour MEV en fonction de l'année

2. *REPARTITION EN FONCTION DE L'AGE*

La répartition en fonction de l'âge des PN hospitalisés pour MEV est présentée dans le tableau I.

Tableau I : Répartition des PN hospitalisés pour MEV en fonction de l'âge

Classes d'âge (années)	Age moyen	Nombre	Pourcentage
19 – 24	22,8	32	49
25 – 29	26,5	17	26
30 – 34	32,5	6	9
35 – 39	36,2	5	8
40 – 50	44,2	5	8

On observe que les malaises en vol concernent majoritairement les personnels navigants jeunes : 75 % de notre population a moins de 30 ans. L'âge moyen de l'ensemble de la population est de 27,4 ans avec un écart-type de 6,6.

3. *REPARTITION EN FONCTION DE L'EXPERIENCE AERONAUTIQUE*

La répartition en fonction de l'expérience aéronautique des PN hospitalisés pour MEV est présentée dans le tableau II.

Tableau II : Expérience aéronautique des PN hospitalisés pour MEV

Heures de vol	Moyenne Heures de vol	Nombre	Pourcentage
0 – 500	173	39	60
501 – 1000	736	7	11
1001 – 2000	1696	10	15
> 2000	3300	9	14

On observe que les malaises en vol concernent majoritairement les personnels navigants ayant peu d'expérience aéronautique : 60 % de notre population a moins de 500 heures de vol à

son actif. Le nombre d'heures de vol moyen de l'ensemble de la population est de 901 heures avec un écart-type de 1184.

4. REPARTITION EN FONCTION DE LA SPECIALITE

La répartition en fonction de la spécialité des PN hospitalisés pour MEV est présentée dans le tableau III.

Tableau III : Répartition des PN en fonction de la spécialité

Elèves pilotes	Tronc commun	14	34
	Chasse	7	
	Transport	3	
	Hélicoptère	1	
Elèves navigateurs	Chasse	9	
	Transport	0	
Pilotes	Chasse	10	25
	Transport	4	
	Hélicoptère	11	
Navigateurs	Chasse	2	2
	Transport	0	
Mécaniciens navigants		4	4

Parmi notre population, on retrouve une majorité d'élèves (52 %), les élèves en spécialisation chasse (25%) et les élèves pilotes en tronc commun (21%) étant les plus représentés. Viennent ensuite les populations des pilotes d'hélicoptères (16%) et des pilotes de chasse (15%).

Par contre, les spécialités transport sont peu concernées : la filière transport toutes spécialités confondues représentant seulement 10% de l'ensemble de la population. Cette valeur est de 43% pour la filière chasse.

5. REPARTITION EN FONCTION DE L'AERONEF CONCERNE

La répartition en fonction de l'aéronef concerné est présentée dans le tableau IV.

Tableau IV : Aéronefs concernés par les MEV chez les PN hospitalisés

Avions	Alphajet	13
	Epsilon	10
	Mirage 2000	6
	Tucano	6
	Xingu	3
	Jaguar	3
	CAP 10	2
	Transall C160	2
	TBM 700	1
	Grob 120	1
	Mirage F1	1
	TB 10	1
	Mystère 20	1
	Hercule C130	1
Hélicoptères	Gazelle	7
	Puma	5
	Ecureuil	2

On observe que les avions (79%) sont plus représentés que les voilures tournantes (21%). La majorité des malaises sur avions a lieu sur avions écoles (Alphajet, Epsilon, Tucano, Xingu, CAP 10, Grob 120, TB 10). En effet, on compte 71% d'avions école contre 29 % d'avions non école.

B. ANTECEDENTS

On observe dans notre étude que 24 PN (37 %) avaient déjà présenté un MEV au cours de leur carrière et 17 (26%) un malaise vagal hors vol. Chez 15 PN (23%), on retrouvait un mal des transports anciens : neuf cinétoses en vol seul, cinq en vol et autre transport et une sur autre

transport seul. Quatre PN (6%) avaient été victimes au cours de leur carrière d'un évènement aérien : trois crashes aériens (un en avion, un en hélicoptère et un en Ultra-Léger Motorisé) et un incident en vol (extinction moteur).

C. SEMIOLOGIE DES MALAISES EN VOL

Le tableau V représente la symptomatologie retrouvée dans l'ensemble des malaises en vol avec regroupement sémiologique. Pour un souci de comparaison, nous avons décidé d'utiliser la même classification que l'étude précédente de BURLATON *et al.* de 1977 à 1990 (8,39). Nous avons par contre ajouté trois signes cliniques : « pâleur » dans la catégorie « manifestations neuro-sensorielles », douleurs « autres » dans la catégorie « manifestations douloureuses diverses » et « hyperventilation » dans la catégorie « manifestations respiratoires ».

On observe que la présentation clinique des MEV est riche et polymorphe. Chaque MEV a comporté généralement plusieurs signes cliniques, en moyenne 3,5 signes cliniques par MEV dans notre étude. Les manifestations les plus fréquentes sont les manifestations neuro-sensorielles dont les troubles visuels au premier rang. On note en particulier dix épisodes de voiles gris ou voiles noirs, huit sensations de flou visuel, sept altérations du champ visuel, deux épisodes de scotomes et un épisode de phosphènes. Viennent ensuite les altérations des fonctions supérieures, les manifestations digestives puis les manifestations douloureuses diverses. Les manifestations cardio-vasculaires et respiratoires sont moins fréquentes.

Tableau V : Symptomatologie des MEV et regroupement sémiologique

Regroupement sémiologique	Signes cliniques	Nombre		Pourcentage
Altérations des fonctions supérieures	Perte de connaissance	15	37	16
	Obnubilation	4		
	Trouble de la vigilance	7		
	Trouble du jugement	6		
	Désorientation temporo-spatiale	5		
Troubles psychologiques	Angoisse	8	11	5
	Impression syncope imminente	3		
	Trouble du comportement	0		
Manifestations neuro-sensorielles	Troubles visuels	24	81	36
	Sueurs froides	7		
	Bouffées de chaleur	7		
	Sensation vertigineuse	15		
	Illusion sensorielle	4		
	Paresthésies	11		
	Tremblements	2		
	Contractions musculaires	5		
	Pâleur	6		
Manifestations digestives	Nausées	18	36	16
	Vomissements	13		
	Douleurs abdominales	5		
Manifestations douloureuses diverses	Céphalées	13	22	10
	Otalgies	4		
	Douleurs thoraciques	2		
	Autres	3		
Manifestations cardio-vasculaires	Lipothymie	8	9	4
	Tachycardie	0		
	Palpitations	1		
Manifestations respiratoires	Impression de manque d'air	1	12	5
	Dyspnée	5		
	Hyperventilation	6		
Asthénie		20		9
TOTAL		228		100

D. EXPLORATIONS CLINIQUES ET PARACLIQUES

Dans le tableau VI, nous avons listé et chiffré l'ensemble des examens cliniques et paracliniques réalisés. Nous avons également indiqué combien parmi ceux-ci étaient positifs,

étant noté que l'on considère comme positif toutes anomalies retrouvées à l'examen et cela indépendamment de tout lien causal avec le MEV.

Les explorations comportaient systématiquement :

- Un examen clinique complet de médecine générale, mais en particulier axé sur la sphère cardiovasculaire, avec recherche d'une hypotension artérielle orthostatique et de varices, ainsi que l'appareil neurologique avec un examen rigoureux,
- Une consultation spécialisée ophtalmologique avec contrôle de l'acuité visuelle, réfractométrie, fond d'œil, vision des couleurs, vision du relief (TNO),
- Une consultation spécialisée ORL avec audiogramme et tympanogramme,
- Une évaluation psychiatrique.

Les examens paracliniques comportaient :

- une biologie systématique avec NFP, CRP, VS, ionogramme, calcémie, phosphore, créatininémie, urée, crase, glycémie, acide urique, exploration des anomalies lipidiques, fer, ferritine, transferrine, coefficient de saturation de la transferrine, bilan hépatique complet, CPK, LDH, TSH, T3, T4, électrophorèse des protéines,
- Un électrocardiogramme (ECG) éventuellement complété, si anomalie, ou selon l'anamnèse et l'examen clinique, par des explorations cardio-vasculaires plus spécialisées : mesure ambulatoire de la pression artérielle (MAPA), Holter ECG, échographie trans thoracique (ETT), réflexe oculo-cardiaque (ROC) et massage sino-carotidien (MSC), tilt test et épreuve d'effort avec arrêt brutal,
- Eventuellement, certains examens spécifiques demandés selon l'anamnèse et l'orientation clinique : par exemple, explorations neurologiques si existence d'une perte de connaissance.

Tableau VI : Explorations cliniques et paracliniques des MEV

		Réalisé	%	+	% +	Anomalies
Examen clinique		65	100	1	2	Sibilants à l'auscultation cardio-pulmonaire
Bilan biologique		65	100	2	3	1/ Bilirubine augmentée : maladie de gilbert - 2/ hyperéosinophilie
Explorations cardio-vasculaires	Recherche HTO¹	49	75	9	18	
	MAPA	13	20	1	8	Hypertension artérielle
	ECG	65	100	1	2	Extrasystoles supra-ventriculaires
	Holter ECG	32	49	5	16	ESV ² : 3 ; BAV ³ 2 mobitz 1 : 1 ; trouble de la repolarisation : 1
	ETT	37	57	2	5	ballonisation GVM ⁴ : 1 ; septum hypokinétique : 1
	ROC / MSC	34	52	9	26	
	Tilt Test	31	48	18	58	
Explorations sensorielles	Epreuve d'effort avec arrêt brutal	38	58	9	24	Malaise en cours d'effort : 1 ; à l'arrêt : 7 ; trouble de la repolarisation : 1
	ophtalmologie	52	80	3	6	1 insuffisance de convergence à rééduquer, 1 diplopie à rééduquer, 1 trouble de l'accommodation
	PEV⁵	6	9	0	0	
	ORL	56	86	9	16	1 rhinite vaso-motrice, 3 déficits vestibulaires, 3 barotraumatismes, 1 polyposse naso-sinusienne, 1 sinusite chronique
	PEA⁶	12	18	1	8	Abolition PEA unilatérale
	ECC⁷	26	40	2	8	
	VNG⁸	7	11	0	0	
Explorations neurologiques	Equitest	28	43	3	11	
	Scanner cérébral	4	6	0	0	
	IRM cérébrale	17	26	2	12	2 incidentalmes : 1/ nodules d'hypersignaux sous corticaux multiples et aspécifiques 2/ kyste arachnoïdien de 4x15 mm
		22	34	0	0	
Consultations psychiatriques		58	89	39	67	Troubles de la motivation : 6 ; troubles anxieux : 11 ; Troubles anxio-dépressifs : 2 ; Personnalités névrotiques : 4 ; Attaques panique : 2 ; Troubles de l'adaptation : 4 ; peurs du vol : 5 ; Réactivités émotionnelles : 2 ; Surmenages ponctuels : 3
Examens occasionnels selon orientation clinique	Radio des sinus	6	9	1	17	Opacité polypoïde du sinus maxillaire
	Scanner facial	4	6	4	100	Déviations septales : 2 ; sinusite ethmoïdo-maxillaire : 1 ; PNS ¹⁰ + stigmatisme fracture plancher de l'orbite : 1
	RP¹¹	16	25	0	0	
	EFR¹²	5	8	1	20	Trouble ventilatoire obstructif réversible
	FOGD¹³	7	11	3	43	Hernie hiatale (HH) + oesophagite : 2 ; HH : 1
	pH métrie	2	3	1	50	Reflux gastro-œsophagien diurne
	Echographie Abdominale	5	8	0	0	
	Uroscanner	1	2	0	0	
	Scanner thoracique	1	2	0	0	
	Gamma angiographie	1	2	0	0	
	Echo doppler TSA	4	6	1	25	Diminution du flux de l'artère vertébrale gauche
	Angioscanner des vaisseaux du cou	1	2	1	100	Hypoplasie de l'artère vertébrale gauche se terminant par une PICA ¹⁴ parfaitement compensée par l'artère vertébrale contro-latérale
Epreuves de contraintes aéronautiques	Caisson	3	5	0	0	
	Centrifugeuse	12	18	6	50	4 intolérances vraies - 2 faibles intolérances - N.B. 1 Manœuvres musculo-respiratoires mal réalisées
Rentabilité globale des examens		785		134	17	

¹ Recherche hypotension artérielle orthostatique³ Bloc auriculo-ventriculaire⁵ Potentiel évoqué visuel⁷ Examen calorique calibré⁹ Electroencéphalogramme¹¹ Radiographie pulmonaire¹³ Fibroscopie oeso-gastro-duodénale² Extrasystole supra-ventriculaire⁴ Grande valve mitrale⁶ Potentiel évoqué auditif⁸ Vidéonystagmographie¹⁰ Polyposse naso-sinusienne¹² Exploration fonctionnelle respiratoire¹⁴ Artère cérébelleuse postéro-inférieure

E. FACTEURS ETIOLOGIQUES DES MALAISES EN VOL

Dans notre série, nous avons retrouvé que le malaise en vol résulte souvent de plusieurs facteurs étiologiques comme le montre le tableau VII ci-dessous :

Tableau VII : Distribution des PN avec MEV selon le nombre de facteurs étiologiques présentés

Nombre de facteurs étiologiques	Nombre de PN
1	29
2	25
3	10
4	1

Nous avons donc répertorié l'ensemble des facteurs étiologiques dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Facteurs étiologiques des malaises en vol

			Nombre	%
Organiques	Atteinte vestibulaire (abolition PEO)	1	15	12
	Troubles ophtalmologiques	2		
	Troubles ORL	5		
	Inconfort mictionnel	1		
	Episode dyspnéique	1		
	RGO	1		
	Migraine	3		
	Algies	1		
Techniques	Débranchement pantalon anti-G	1	1	1
Cinétoses		12	12	10
Psychologiques	Troubles socio-affectifs	1	43	36
	Troubles de la motivation	9		
	Troubles de l'adaptation	2		
	Troubles anxieux	25		
	Attaques panique	3		
	Troubles anxio-dépressifs	3		
Fonctionnels	Hyperventilation	6	35	29
	Hypervagotonie	24		
	Hypotension orthostatique	4		
	Illusions sensorielles	1		
Faible tolérance aux G		10	10	8
Conjoncturels	Pression professionnelle	2	5	4
	Stress aigu	1		
	Autre	2		

On observe que les facteurs psychologiques représentant 36% des facteurs étiologiques prédominent. Parmi ceux-ci, on trouve environ ¼ de troubles de la motivation et une majorité de troubles anxieux. Viennent ensuite les causes fonctionnelles (terrain d'hypervagotonie, hyperventilation, illusions sensorielles) montrant l'importance du rôle du système nerveux végétatif dans la genèse des MEV. Au 3^{ème} rang, on retrouve les facteurs organiques.

Il est important de rappeler ici que le MEV est à différencier des incapacités subites en vol liées à des causes organiques cardiologiques, neurologiques... qui induisent un malaise qui aurait pu très bien survenir de la même façon au sol et dont le vol n'est pas générateur. On

entend donc par facteurs organiques toutes affections, en général bénignes au sol, qui dans le contexte du vol peut entraîner un malaise notamment par le facteur stress engendré ou par un processus de division d'attention. Ainsi, nous avons retrouvé 15 facteurs organiques représentant 12 % de l'ensemble dont :

- cinq troubles ORL : une sinusite chronique avec dysfonctionnement tubaire, deux polyposes nasosinusiennes, deux barotraumatismes,
- deux troubles ophtalmologiques : un trouble de l'accommodation sur hypermétropie et une diplopie séquellaire d'une fracture du plancher de l'orbite,
- Un reflux gastro-œsophagien dont la symptomatologie est majorée par le pantalon anti-G,
- plusieurs algies : trois crises de migraines, une cervicalgie, une lombalgie avec pesanteur pelvienne et inconfort mictionnel : le pilote de chasse au bout de deux heures de vol a ressenti une douleur lombaire en barre bilatérale sans irradiation avec exacerbation de cette douleur à chaque virage et à l'inspiration profonde. La douleur s'intensifiant et entraînant un état de mal être, il décide d'interrompre la mission ; une fois au sol, il dit s'être rendu compte du caractère finalement peu intense de la douleur.
- Un épisode dyspnéique : il s'agit un pilote de chasse de 35 ans, avec pour seul antécédent un barotraumatisme en vol en 1991 et des épisodes de bronchites asthmatiformes. Un mois après une nouvelle bronchite, au bout d'une heure de vol (décollage vers 10h30), il présente à 36 000 pieds une sensation de manque d'air avec suffocation et impression de vision en tunnel. Il passe alors sur oxygène à 100%. Vingt minutes plus tard, la sensation dyspnéique se majore, il devient polypnéique et n'arrive pas à calmer son rythme respiratoire. Des paresthésies apparaissent aux quatre membres. Il descend alors avec son ailier à 12 000 pieds où la symptomatologie s'amplifie après avoir dégrafé son masque, puis à 5000 pieds où la difficulté respiratoire s'améliore rapidement. Il pourra atterrir vers 12h sans aucun problème. Les manifestations cliniques ont complètement disparu à la descente de l'avion.

- Une hypoplasie de l'artère vertébrale gauche : il s'agit d'un pilote de chasse de 26 ans qui présente en 2007 au cours d'un vol de voltige, alors qu'il effectue une ressource, un demi-tonneau et finit son renversement, un grand vertige rotatoire qui lui fait lâcher les commandes, reprises par l'instructeur. La symptomatologie va persister jusqu'à l'atterrissage. Le bilan va retrouver à l'angio-scanner des troncs supra-aortiques une artère vertébrale gauche hypoplasique se terminant en PICA (artère cérébelleuse postéro-inférieure) parfaitement compensée par l'artère vertébrale contro-latérale prenant en charge le réseau basilaire, et une abolition des potentiels évoqués otolithiques (PEO) gauche. Il est conclu à un éventuel conflit artère mère qui pourrait être déclenché sous facteur de charge par impaction du paquet acoustico-facial du côté de l'artère cérébelleuse antéro-inférieure dominante ; de même, l'abolition des PEO du côté gauche, en principe parfaitement compensée dans les conditions habituelles, peut lors d'une augmentation du facteur gravitationnel majorer l'asymétrie et déclencher des troubles de l'équilibre.

Au 4^{ème} rang, on retrouve les cinétoses (10%) dont 50% d'entre elles rentrent dans le cadre d'un trouble psychologique sous-jacent. L'âge moyen de la population concernée est de 23,8 ans avec des extrêmes allant de 21 à 29 ans. Elles concernent majoritairement les élèves (environ les $\frac{3}{4}$) : pour 42 %, il s'agit d'élèves pilotes et pour 33% d'élèves navigateurs.

Suivent les faibles tolérances aux accélérations (8%) avec perte de connaissance dans 50% des cas. L'âge moyen est de 24,8 ans avec des âges extrêmes allant de 22 à 28 ans, un nombre d'heures de vol moyen de 295 h (40 à 1100 h). On retrouve une majorité d'élèves (cinq pilotes et deux NOSA), plus rarement des PN confirmés (deux pilotes de chasse et un NOSA). Six cas ont été confirmés par une épreuve en centrifugeuse (quatre intolérances vraies et deux faibles tolérances), deux tests montraient que les manœuvres de protection n'étaient pas acquises. Dans deux cas, on retrouvait un terrain psychologique sous-jacent.

Enfin, dans 4 % des MEV, il s'agit de causes ponctuelles prédictives d'un faible risque de récursive. Les causes techniques sont négligeables.

On a également répertorié les facteurs étiologiques en fonction des catégories de spécialité. Cela est présenté dans le tableau IX.

Ces résultats montrent que les cinétoses et les faibles tolérances aux accélérations sont plutôt l'apanage des jeunes élèves. Les facteurs psychologiques et conjoncturels concernent toutes les spécialités. Les facteurs fonctionnels semblent être retrouvés majoritairement chez les élèves en tronc commun et les pilotes de chasse. Enfin, les causes organiques concernent plutôt les pilotes aguerris.

Tableau IX : Répartition des facteurs étiologiques en fonction de la spécialité

		Organiques		Techniques		Psychologiques		Cinétoses		Fonctionnels		Faible tolérance aux G		Conjoncturels	
Elèves pilotes	Tronc commun	1	2	0	0	9	13	3	5	12	17	3	7	2	3
	Chasse	0		0		2		2		3		1			
	Transport	1		0		1		0		2		0			
	Hélicoptère	0		0		1		0		0		0			
Elèves navigateurs	Chasse	2	2	0	0	6	6	4	4	2	2	2	2	0	0
	Transport	0		0		0		0		0		0		0	
Pilotes	Chasse	4	10	1	1	8	18	0	1	7	11	0	0	1	2
	Transport	1		0		3		1		0		0		0	
	Hélicoptère	5		0		7		0		4		0		1	
Navigateurs	Chasse	0	0	0	0	2	2	1	1	2	2	1	1	0	0
	Transport	0		0		0		0		0		0		0	
Mécaniciens navigants		1		0		4		1		3		0		0	

F. INCIDENCE DES MALAISES EN VOL SUR LA MISSION ET SUR LA SECURITE DES VOLS

1. *INCIDENCE SUR LA MISSION*

Le tableau X représente l'incidence opérationnelle des MEV en quantifiant le nombre de missions interrompues.

Tableau X : Incidence opérationnelle du MEV

	Nombre	%
Missions interrompues	31	48
Missions interrompues avec reprise des commandes par le moniteur	10	15
Missions non interrompues	24	37

On observe que les MEV motivent une interruption de mission dans environ 2/3 des cas. Parmi ces interruptions de mission, dans 1/4 des cas, les commandes ont été reprises par le moniteur. Donc au-delà de la forte répercussion opérationnelle du MEV, l'élément majeur qui ressort ici est bien la mise en jeu de la sécurité des vols.

2. *MISE EN JEU DE LA SECURITE DES VOLS*

La sécurité des vols a été réellement engagée dans 23% des cas suite à une perte de connaissance en vol. Sont concernés huit élèves pilotes (quatre élèves en tronc commun, trois élèves chasse et un élève transport), un NOSA chasse, trois pilotes d'hélicoptère et trois pilotes de chasse.

Heureusement, dans la majorité des cas (93%), les commandes ont pu être reprises par le moniteur ou le copilote.

On note trois situations où la sécurité des vols a été fortement engagée :

- Dans deux cas, le moniteur s'est laissé surprendre par le MEV de son élève,
- Le troisième cas concerne un pilote de chasse de 28 ans : après 15 minutes de vol sous un facteur de charge de +7,8 Gz, il présente une perte de connaissance complète et brutale d'environ 10 secondes. Il reprend conscience à 14 000 pieds, en piqué, avec la sensation de sortir d'un rêve (pour information, le pantalon anti-G s'était partiellement débranché du régulateur).

G. CONSEQUENCES DU MALAISE EN VOL SUR L'APTITUDE

Le tableau XI représente les conclusions d'expertises de nos 65 patients en fonction de la catégorie de spécialité. Rappelons qu'une expertise peut se conclure par :

- Une aptitude sans restriction : le PN reste apte à sa spécialité et à toutes ses fonctions,
- Une aptitude avec restriction : le PN reste apte à sa spécialité mais des restrictions sont décidées telles qu'une limitation au vol en double commande, une exclusion des vols de nuit, ou encore une limitation du nombre d'heures de vol annuelles...
- Une réorientation : de la chasse vers le transport par exemple,
- Une inaptitude temporaire : le patient est déclaré inapte pendant une durée définie, il sera revu en hospitalisation ou en consultation pour décision définitive,
- Une inaptitude définitive à la fonction de personnel navigant.

On observe que le MEV est lourd de conséquence : seul environ 40 % des PN restent aptes dont plus de la moitié avec restriction, 40 % terminent inaptes dont plus de la moitié de façon définitive, les 20 % restants sont réorientés.

L'analyse des décisions d'expertises par spécialité permet de se rendre compte que :

- Les conclusions pour les jeunes élèves sont majoritairement définitives : apte, inapte définitif ou réorientation
- Par contre, pour les plus aguerris, le choix d'aptitude avec restriction ou d'inaptitude temporaire suivi d'une réévaluation à distance fait consensus.

Tableau XI : Conséquences des MEV sur l'aptitude

		Apte		Apte avec restriction		Réorientation		Inapte temporaire		Inapte définitif	
Elèves pilotes	Tronc commun	4	6	3	3	3	8	0	1	5	6
	Chasse	0		0		5		0		0	
	Transport	2		0		0		1		0	
	Hélicoptère	0		0		0		0		1	
Elèves navigateurs	Chasse	1	1	2	2	3	3	0	0	2	2
	Transport	0		0		0		0		0	
Pilotes	Chasse	3	3	5	9	1	1	1	9	1	4
	Transport	0		2		0		2		0	
	Hélicoptère	0		2		0		6		3	
Navigateurs	Chasse	0	0	0	0	2	2	0	0	1	1
	Transport	0		0		0		0		0	
Mécaniciens navigants		0		2		0		1		1	
Total		10		16		14		11		14	
Total %		15		25		22		17		22	

VI. DISCUSSION

A. VISAGE ACTUEL DES MALAISES EN VOL

Dans notre étude, on retrouve en moyenne quatre hospitalisations annuelles pour MEV dans le service de médecine aéronautique de l'HIA PERCY. Au regard de la prévalence (23,51-53) que nous avons développée, on peut expliquer l'écart qui existe entre ces hospitalisations et l'incidence annuelle des MEV en sachant que beaucoup d'entre eux sont gérés à l'unité pour diverses raisons : soit parce qu'ils ont peu alarmé le navigant ou l'instructeur qui n'auront alors pas déclenché une consultation auprès du médecin chargé du personnel navigant ; soit parce que ce dernier, après une évaluation clinique rigoureuse, a jugé possible une poursuite des vols avec

des restrictions éventuelles et surveillance attentive. Ainsi ne sont hospitalisés que les navigants dont les MEV sont considérés comme graves, récidivants et/ou à risque important pour la sécurité aérienne. On comprend alors que le pronostic médico-aéronautique soit fortement engagé à ce stade.

Les MEV continuent à concerner les navigants de tout âge, toute spécialité, toute expérience aéronautique et tout aéronef. On confirme donc la notion bien connue que tout PN peut en présenter un jusqu'à la fin de sa carrière. Cependant, les élèves-pilotes, jeunes et inexpérimentés, sont les plus vulnérables.

Dans cette série, on retrouve des MEV extrêmement polymorphes, avec parfois une difficulté à classer la symptomatologie au sein des regroupements sémiologiques, pour lesquels cependant dominant les manifestations neuro-sensorielles.

L'exploration clinique et paraclinique, large et protocolisée, permet d'éliminer une cause organique non spécifique au vol qui remettrait en question le diagnostic même de MEV. Il est donc important de prévoir des explorations cardio-vasculaires (ECG, holter ECG, ETT, épreuve d'effort) pour éliminer une cardiopathie, un trouble du rythme ou de la conduction, ainsi qu'un bilan neurologique (imagerie cérébrale, EEG) pour éliminer une maladie épileptique, une pathologie cérébrale tumorale ou vasculaire notamment. Cependant, on peut expliquer l'absence de pathologie régulièrement dépistée par un tel bilan hospitalier par la sélection médicale initiale. Ces explorations permettent ensuite de rechercher des marqueurs de terrain propice aux MEV, au premier rang desquels l'hypervagotonie et le facteur psychologique. Les explorations couramment réalisées sont la recherche d'une hypotension orthostatique, le réflexe oculo-cardiaque et massage sino-carotidien, le tilt test et l'épreuve d'effort avec arrêt brutal. On insistera sur quelques données : 58 % des tilt-tests réalisés sont positifs montrant l'importance du terrain vagal dans la genèse du MEV ; 50 % des tests en centrifugeuses réalisés retrouvent une intolérance aux G signant l'implication potentielle du facteur G dans le MEV ; enfin dans 68 % des consultations psychiatriques, un élément psychologique participatif est retrouvé.

Dans cette série, on observe que dans environ 55 % des cas, plusieurs facteurs étiologiques participent à la naissance du MEV. Prédominent les facteurs étiologiques psychologiques (36 %) avec le problème majeur des troubles de la motivation et les facteurs fonctionnels (29 %). Au troisième rang, les facteurs dits « organiques », qui en réalité sont un état peu problématique au sol entraînant dans le contexte du vol un MEV, regroupent surtout des pathologies ORL et des algies diverses. Suivent les cinétoses puis les faibles tolérances aux G.

L'incidence opérationnelle est majeure avec 2/3 de missions interrompues et mise en jeu particulièrement importante de la sécurité des vols dans 1/4 des cas.

Enfin, le pronostic des MEV reste péjoratif avec seulement 15 % d'aptitude conservée sans restriction et 85 % de remise en cause sérieuse, avec schématiquement : 1/4 d'aptitude avec restriction(s), 1/4 de réorientation, 1/4 d'inaptitude temporaire et 1/4 d'inaptitude définitive..

La figure 3 représente de façon plus schématique le visage actuel des MEV.

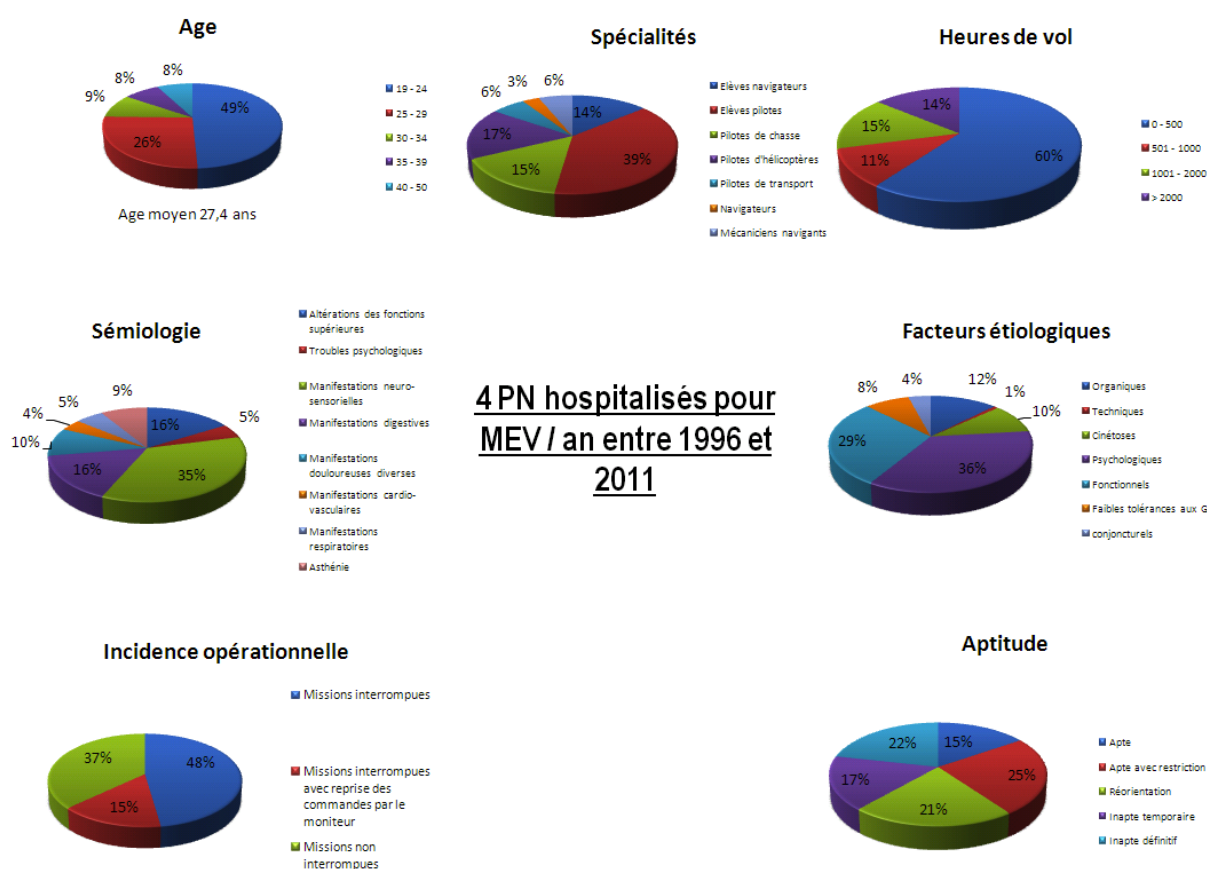


Figure 3 : Le visage actuel des MEV entre 1996 et 2011

B. COMPARAISON AVEC L'ETUDE ANTERIEURE DE REFERENCE

1. EVOLUTION EPIDEMIOLOGIQUE

Notre étude montre une baisse de l'incidence des cas de malaises en vol hospitalisés. En effet, alors que l'étude de BURLATON *et al.* entre 1977 et 1990 (8) retrouvait un nombre moyen de 11 cas par an, nombre similaire à l'étude de LEGUAY et MAYER (42,49) sur la période 1958 – 1976 et légèrement supérieur à celui retrouvé par TABUSSE et PANNIER (71) dans les années 50 (9,2 cas par an), nous retrouvons une fréquence moyenne de 4 cas par an soit quasiment deux fois moins de PN hospitalisés pour MEV.

Cela conduit à émettre plusieurs hypothèses :

- Une meilleure gestion de la prise en charge du MEV en unité notamment pour les causes parfaitement gérables au premier niveau : causes conjoncturelles, cinétoses et barotraumatismes, associée à une tendance dans les décennies antérieures à hospitaliser facilement, époque aujourd'hui révolue ; cette hypothèse est très plausible ;
- Les malaises en vol sont moins fréquents : S'il est difficile, du fait même de notre méthode de recrutement, d'affirmer cette tendance, nous pouvons sérieusement l'envisager. Prenons l'exemple des malaises en vol liés au facteur accélération qui, du fait de leur gravité entraînent le plus souvent une hospitalisation. Malgré l'arrivée du Rafale en 2006 poussant à un niveau encore plus extrême les conditions de vol, on n'observe pas dans notre étude d'augmentation des hospitalisations pour MEV lié au facteur G mais au contraire une diminution (10 cas dans notre étude versus 17 dans l'étude de référence).

Les tableaux suivants comparent la population de l'étude 1977 – 1990 (7,8,39) avec celle de notre étude, en ce qui concerne les caractéristiques épidémiologiques.

En termes d'âge, la répartition est globalement identique, il n'y a pas de différence significative. Il n'y a donc pas d'évolution du moment au sein duquel intervient un MEV dans la carrière d'un PN, souvent quand il est encore jeune.

Tableau XII : Comparaison de la répartition des MEV en fonction de l'âge en %

Age	77 – 90	96 – 11
19 – 24	47	49
25 – 29	27,2	26
30 – 34	15,2	9
35 – 39	6	8
40 – 50	4,6	8

En termes de spécialité, la seule différence statistiquement significative est une baisse de la proportion des pilotes de chasse ($p = 0,01$). Cela signifie que de nos jours, il y a moins de pilotes de chasse hospitalisés pour malaise en vol. Par extrapolation, on peut émettre l'hypothèse qu'il y a moins de MEV chez les pilotes de chasse.

Tableau XIII : Comparaison de la répartition des MEV en fonction de la spécialité en %

%	77 – 90	96 - 11
Elèves	43	52,3
Pilotes de chasse	31,1	15,4
Pilotes d'hélicoptère	13,2	16,9
Pilotes de transport	7,3	6,2
Navigateurs	2,6	3,1
Mécaniciens	2,6	6,2

De même, en termes d'expérience aéronautique, on observe une répartition similaire sans différence significative. Donc l'expérience aéronautique reste un facteur protecteur mais de façon largement non absolue, et ce depuis des années.

Tableau XIV : Comparaison de la répartition des MEV en fonction du nombre d'heures de vol (HDV) en %

Nbre d'HDV	77 - 90	96 - 11
0 - 500	50,3	60
501 - 1000	11,9	11
1001 - 2000	21,2	15
> 2000	16,6	14

2. EVOLUTION DE LA PRESENTATION SEMIOLOGIQUE

Le tableau XV compare la présentation sémiologique des MEV entre les périodes 1977-1990 (7,8,39) et 1996-2011. De façon globale, la présentation sémiologique des MEV reste identique. Il n'y a pas de différence significative sauf pour ce qui concerne le critère « asthénie » qui apparaît en hausse. Mais il est important de rappeler la difficulté de l'analyse sémiologique du MEV (données d'interrogatoires à distance du MEV, subjectivité de l'expression des ressentis par le patient, difficulté de catégorisation des symptômes). On conclut donc à une répartition homogène entre les deux périodes avec la nette prépondérance des manifestations neuro-sensorielles et l'importance des troubles digestifs et des altérations des fonctions supérieures.

Tableau XV : Comparaison de la présentation sémiologique des MEV (en %)

Regroupement syndromique	77 - 90	96 - 11
Altérations des fonctions supérieures	12,32	16,23
Troubles psychologiques	8,33	4,82
Manifestations neuro-sensorielles	38,77	35,53
Manifestations digestives	19,93	15,79
Manifestations douloureuses diverses	6,16	9,65
Manifestations cardio-vasculaires	6,52	3,95
Manifestations respiratoires	4,35	5,26
Asthénie	3,62	8,77

3. EVOLUTION DES FACTEURS ETIOLOGIQUES

Le tableau XVI présente l'évolution des facteurs étiologiques des MEV entre les années 80 et les années 2000. Il est important de spécifier tout d'abord qu'il a été décidé dans l'étude de BURLATON *et al.* (7,8,39) de ne retenir que l'étiologie apparaissant prédominante dans la genèse du MEV, ce qui est en réalité plus complexe ainsi que nous l'avons explicité précédemment. En effet, si dans certains cas, il est facile de ne retenir qu'un facteur étiologique, on se rend rapidement compte que dans la majorité des cas, il s'agit d'un évènement multifactoriel où se rencontrent, interfèrent voire interagissent différents éléments explicatifs ou favorisants. Citons

l'exemple du jeune pilote adressé pour cinétose invalidante qui en réalité présente une peur du vol sur un trouble de l'adaptation aéronautique. C'est pourquoi, nous avons décidé de retenir dans notre travail l'ensemble des facteurs étiologiques retrouvés.

Si l'on compare de façon globale, on observe une répartition assez similaire des facteurs étiologiques avec la suprématie des facteurs psychologiques, l'importance des facteurs dits « organiques » et des cinétoses non négligeable. On note cependant quelques évolutions notables que l'on se propose de traiter par une comparaison un à un de chaque facteur étiologique.

Tableau XVI : Comparaison des facteurs étiologiques des MEV (en %)

Facteurs étiologiques	77 – 90	96 – 11
Organiques	9,2	12
Techniques	3,9	1
Cinétoses	25,8	10
Psychologiques	28,4	36
Fonctionnels	0	29
Faible tolérance aux G	11,2	8
Conjoncturels	13,9	4
Cause inconnue	7,3	0

a) Les facteurs organiques

Restant assez stable, il s'agit, on le rappelle, de symptômes généralement bénins au sol entraînant dans le contexte du vol un MEV par la division d'attention ou l'angoisse qu'ils génèrent. Il s'agit généralement de pathologies ORL ou d'algies diverses et variées. En dehors des causes ORL à type de rhinite ou sinusite qui doivent impliquer de la part du médecin PN une inaptitude temporaire au vol, ces causes sont difficiles à prévenir d'où leur stabilité.

b) Les facteurs techniques

De par la fiabilité grandissante des systèmes d'arme, des moyens de protection et finalement des aéronefs, les facteurs techniques apparaissent toujours autant négligeables. On aurait pourtant pu s'attendre à une augmentation des MEV éventuellement purement techniques avec la mise en service du Rafale en 2006.

c) Les cinétoses

On observe une baisse significative des cinétoses ($p = 0,001$), probablement du fait que celles-ci sont mieux gérées en unité. Il s'agit en effet d'une pathologie d'accoutumance très fréquente. Une enquête réalisée sur la période 1993 – 1995 en école de formation par Burlaton *et al.* estimait la prévalence du mal de l'air chez les élèves à 50,2 % (6,61), mais avec une évolution rapidement favorable, après une durée de vol moyenne de 21 heures. Il est important de rappeler la nécessité d'une bonne hygiène de vie pour éviter les facteurs favorisants : bonne qualité du sommeil, éviction de la prise de repas riche avant les vols, bonne hydratation, activité physique adaptée (68,69). En phase de début, les anti-naupathiques peuvent être utilisés et sont gérés ponctuellement par le médecin PN avec des vols en double commande et un suivi régulier. Citons les anticholinergiques comme le scopoderm TTS ou des anti-histaminiques telle la diphenhydramine (Nautamine®), des anti-émétiques et l'homéopathie (10,38). Malgré sa fréquence, l'étude montre que le mal de l'air ne motive que rarement une consultation médicale (9%) et encore plus rarement l'introduction d'une molécule (6%). Au final, le taux d'échec lié au mal de l'air est estimé très faible (inférieur à 0,5%) (6).

Les éléments précédents montrent donc bien comment la majorité des cinétoses peut être gérée en unité par des conseils donnés par le médecin PN, une collaboration avec le moniteur pour une habitude plus progressive, des séances de relaxation (68) et l'utilisation éventuelle de traitements médicamenteux. En cas d'hospitalisation, il faudra éliminer une atteinte vestibulaire, une pathologie organique favorisante ou le plus fréquemment une cause psychologique (4,65), comme un trouble de l'adaptation. Ainsi dans notre étude, la moitié des cinétoses était associée à un trouble psychologique sous-jacent, nombre supérieur à celui de BURLATON *et al.* qui retrouvaient une proportion de 33 % (8). Cette étude confirme que tout élève pilote motivé peut s'accoutumer aux vols, et qu'une cinétose seule aboutit rarement à une inaptitude définitive.

d) Les facteurs psychologiques

L'importance des facteurs psychologiques dans la genèse des MEV est confirmée dans notre étude. En effet, comme dans les années 90, les facteurs psychologiques arrivent au premier rang des facteurs étiologiques dans une proportion similaire. Cela explique la rentabilité de la consultation psychiatrique, 67 % dans notre étude vs 65 % (39) dans l'étude de 1990.

Il est tout d'abord important de comprendre qu'il ne s'agit pas d'un diagnostic d'élimination. Le recours au psychiatre est systématique à la recherche de troubles somatoformes sous-jacents (14,28).

Quels sont les facteurs psychologiques retrouvés dans la genèse du MEV ?

Il s'agit des troubles de l'adaptation aéronautique (32,29,67). Ils rassemblent toutes les situations dans lesquelles un PN ne parvient plus à effectuer avec efficacité son métier dans le milieu aéronautique. Ils résultent d'un déséquilibre entre la motivation aéronautique, l'anxiété provoquée par cet environnement particulier et hostile et les mécanismes de défenses élaborés. Ils peuvent être primaires lorsqu'ils affectent les élèves en formation et prennent alors le nom d'inadaptation aéronautique, ou secondaires s'ils apparaissent chez un navigant en cours de carrière, on parlera alors de désadaptation aéronautique.

La motivation aéronautique est nourrie par le désir de voler, lui-même entretenu par le plaisir que procure le vol. Ce plaisir du vol s'équilibre avec l'angoisse qui en résulte. Cette motivation se construit selon un processus complexe dès la petite enfance à partir de sources conscientes, pré conscientes (motifs inavouables avec ses aspects narcissiques) et inconscientes. Il s'agira souvent d'un enfant passionné d'aéromodélisme (26,32), qui très tôt demandera à voler en aéro-club, des idées patriotiques et un goût du risque pourront apparaître au second plan. Une motivation « trop fragile » ne résistera pas à la confrontation avec la réalité de la formation puis du métier. La fatigue, la survenue d'un problème de santé, le déconditionnement après une période prolongée d'interruption de vol, des facteurs événementiels (mal)heureux à caractère

familial (conjugopathie, naissance d'un enfant) ou professionnel (victime ou témoin d'accident ou d'incident aérien, conflit avec la hiérarchie), sont autant d'éléments pouvant altérer la motivation et les mécanismes de défense. On note également des motivations pathologiques (du psychotique au sujet à la recherche de sensation extrême), contra-phobiques (sujet à la recherche d'une maîtrise d'un milieu redouté) et les motivations d'emprunts (sujet voulant assouvir le rêve paternel) (60).

Le stress est une réaction physiologique face à une situation nouvelle vécue comme potentiellement dangereuse. Elle se manifeste par une réaction émotionnelle : la peur (5,13). Le milieu aérien de par les contraintes physiologiques qu'il engendre, les risques d'accident, les dangers des missions mais aussi l'environnement militaire et les difficultés personnelles, sont autant de facteurs « stress » que le PN devra maîtriser grâce à la force de sa motivation. Si ses capacités d'adaptation sont dépassées et que la réaction devient exagérée, on parlera alors d'anxiété qui pourra devenir plus ou moins pénalisante avec risque important de phobie du vol.

C'est l'expérience acquise par la formation, et l'entraînement aidant à rationaliser le risque, qui va permettre d'élaborer ces mécanismes de défense. Le mécanisme de déni du risque, souvent l'apanage des plus jeunes, constitue *a contrario* un caractère de dangerosité important.

Cliniquement, ces troubles se traduisent le plus fréquemment par l'anxiété en vol ou généralisée, le mal de l'air réfractaire, la phobie du vol, et plus rarement par les syndromes dépressifs, les manifestations psychosomatiques et conversives. Néanmoins, ces troubles ne se manifestent souvent pas ouvertement.

Une étude de 1996 de PICANO JJ *et al.* a montré que le pronostic des troubles de l'adaptation chez les élèves est sombre avec près de 50% d'échec (60).

Notre étude montre que tout PN, tout âge et toute spécialité confondus, peut en être victime. On retrouve une majorité de troubles de l'adaptation et de troubles anxieux.

e) Les facteurs fonctionnels

Non considérés dans le cadre des facteurs étiologiques par l'étude précédente probablement du fait qu'il s'agit d'un facteur participatif et non d'un facteur déterminant en lui seul le MEV, on observe ici toute son importance dans la genèse du MEV. Cependant, son importance était déjà soulevée dans l'étude de BURLATON *et al.* par le fait que 39,1 % des réflexes oculo-cardiaques (ROC) réalisés chez 76 % de la population étaient positifs (39). Ce nombre est relativement proche des 26% de positivité dans notre étude. Cependant, cet examen reste peu sensible et donne une vision minorée de l'importance des facteurs fonctionnels. C'est le test d'inclinaison (tilt test), non réalisé à l'époque qui, par sa sensibilité supérieure, montre l'importance encore plus prégnante des facteurs fonctionnels : le tilt test réalisé chez quasiment la moitié de notre population est positif dans 60 % des cas.

Parmi les facteurs fonctionnels, on considère deux origines physiopathologiques (41,56) : le déséquilibre neuro-végétatif par hyperstimulation du système parasympathique et/ou diminution du tonus sympathique (45), et l'hyperexcitabilité neuro-musculaire.

La syncope vaso-vagale est classiquement due à une chute de la pression artérielle par vasodilatation et/ou à une bradycardie par cardioinhibition secondaire à une hypertonie vagale, réponse à une stimulation des mécanorécepteurs de la paroi inférieure du ventricule gauche (33,36,72). Le stade ultime est une perte de connaissance après prodromes par hypoperfusion cérébrale. Certains sujets dits vagotoniques sont plus prédisposés à ce type de malaise. Le facteur déclenchant peut être variable : douleurs, stress, émotion violente, atmosphère confinée, variation de pression des organes creux et plus spécifiquement aéronautique : les facteurs de charge et la variation de pression à l'intérieur des cavités closes (15). D'autre part, la pratique excessive de sport d'endurance renforce le tonus vagal et le surmenage physique ou psychologique altère les capacités de réponse du système sympathique.

L'ensemble de ces éléments explique pourquoi on peut retrouver ce facteur étiologique pour tout MEV de tout PN tout âge et toute spécialité confondus même si les élèves sont majoritairement représentés. En effet, l'âge moyen de la population ayant été victime d'un MEV avec une composante étiologique fonctionnelle est de 28 ans (21 à 50 ans). On compte 55 % d'élèves toutes spécialités confondues. Une autre donnée intéressante est que parmi cette population 50 % sont dans une filière « chasse ».

Le 2^{ème} facteur fonctionnel à considérer est le syndrome d'hyperventilation (16,46,47). En effet, le vol peut être source d'hyperventilation (cause hypoxique écartée) de par l'anxiété voire la peur engendrée. De plus, le mal des transports est connu pour multiplier la ventilation par un facteur 3 à 5 (46). Cette hyperventilation va entraîner une diminution de la pression partielle du dioxyde de carbone dans l'organisme responsable d'une rupture de l'équilibre acido-basique et va se manifester cliniquement par des paresthésies des extrémités et des lèvres, une sudation abondante, des crampes musculaires, une sensation d'angoisse intense voire de mort imminente, et au maximum, une contracture généralisée avec altération de la conscience (77). On parle de tétanie et d'hyperexcitabilité neuromusculaire. Ce syndrome survient en fait chez un sujet prédisposé, s'apparentant aux spasmophiles.

Dans notre étude, on compte cinq syndromes d'hyperventilation. L'âge moyen des personnels concernés est de 24 ans, le nombre d'heures de vol moyen est de 247 h. Il s'agit de trois élèves en tronc commun, un élève pilote de transport et un mécanicien navigant. Dans quatre cas sur cinq, on retrouvait un syndrome anxieux sous-jacent, et dans le dernier cas le PN avait été interrompu de vol pendant neuf mois suite à un accident de la voie publique.

On voit l'importance de l'intervention des facteurs psychologiques dans les mécanismes physiopathologiques de ces deux entités. Cela nous renvoie encore une fois à l'origine multifactorielle des malaises en vol.

f) Les faibles tolérances aux G

Cette étiologie, si elle n'est pas en baisse (baisse statistiquement non significative), n'est en tout cas pas plus représentée dans les facteurs étiologiques des MEV. D'autant plus que contrairement à l'étude précédente, nous avons décidé d'introduire les MEV avec perte de connaissance brutale sous facteur de charge qui, pour certains auteurs, font partie intégrante des MEV, ce que certains réfutent. On peut penser qu'il existe une amélioration de la tolérance aux accélérations, en partie liée à l'instruction aéro-médicale dispensée depuis un certain temps et qui sera détaillée.

Dans notre étude, la moitié des cas de MEV impliquant une faible tolérance aux accélérations conduise à une perte de connaissance, engageant ainsi la sécurité des vols. Pour comprendre ce phénomène, abordons quelques notions de physiopathologie.

Par convention internationale, la force G est décrite selon trois plans relativement au corps. Il s'agit du plan transversal Gx (axe antéro-postérieur du corps), latéral Gy (axe latéral du corps) et longitudinal Gz (grand axe du corps ou axe vertébral). La convention exige également que l'on indique si la force est positive (+) ou négative (-). Cela est représenté sur la figure 4 suivante.

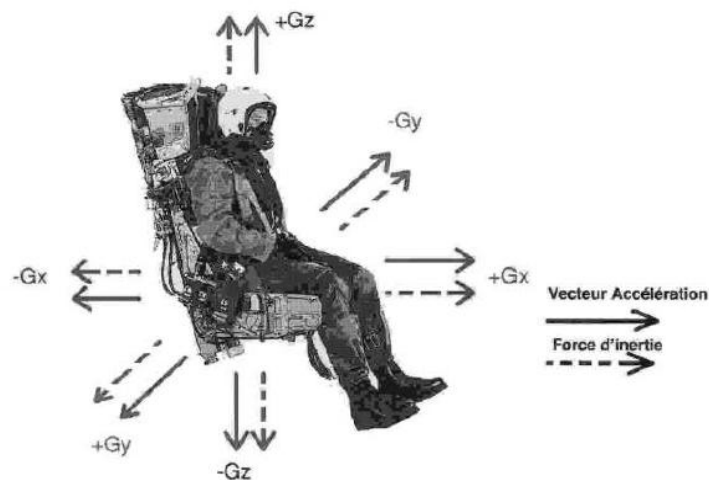


Figure 4 : Les accélérations dans les trois plans de l'espace

Les accélérations qui posent le plus de problèmes par leurs effets hémodynamiques sur le corps humain, sont les accélérations +Gz car elles s'exercent dans l'axe des gros vaisseaux.

Celles-ci sont caractérisées par des effets subjectifs, classiquement décrits pour un sujet en état de relaxation musculaire, sans vêtement anti-G, avec une vitesse lente de mise en accélération (47) :

- à 1 G : sensation habituelle de la pesanteur terrestre,
- à 2 G : sensation de compression modérée sur le siège, sensation de lourdeur de la tête et des membres, difficulté à se mouvoir,
- à 3 G : sensation de grande lourdeur des membres et du corps,
- entre 3 et 4,5 G : apparition du voile gris, perte de la vision périphérique.
- entre 4 et 5,5 G : apparition du voile noir, la vision est totalement perdue.
- entre 4,5 et 6 G : risque de perte de conscience.

Lors d'une accélération longitudinale positive, c'est-à-dire en tirant le manche, la force centrifuge s'exerce de la tête vers les pieds (le pilote est écrasé dans son siège). Le sang subit cette force centrifuge et se déplace vers l'extrémité inférieure du corps. Cela provoque une augmentation des pressions artérielles, veineuses et du liquide céphalo-rachidien (LCR) en dessous du cœur, et une baisse au-dessus. Les conséquences de ces perturbations de pressions intravasculaires sont l'insuffisance de perfusion rétinienne puis cérébrale à l'origine des troubles visuels puis de la perte de conscience, on parle de G-LOC (G-induced loss of consciousness) (9,11,24,54). Une autre théorie développée par QUANDIEU *et al.* explique la perte de connaissance lors des mises en accélération rapides par une augmentation des contraintes mécaniques intracérébrales (63,64). Il est important de préciser qu'une succession d'accélérations -Gz et +Gz, ce qui est le cas lors des phases de combat, dégrade la tolérance aux accélérations positives. C'est l'effet push-pull (1,2,50).

Nous avons vu dans la partie résultats que ces faibles tolérances aux G concernent plus particulièrement les élèves qui sont les moins sensibilisés aux contre-mesures, ce qui met en avant l'importance de l'instruction aéromédicale (76).

On constate également que l'épreuve en centrifugeuse est utile dans certaines circonstances pour mettre en situation un navigant, afin d'étayer l'étiologie du malaise et/ou d'appréhender le risque de récurrence. D'autre part, une étude de 2005 réalisée par ZAWADZKA-BARTCZAK et KOPKA montre l'absence de corrélation entre la survenue d'un malaise au tilt test et la mauvaise tolérance aux accélérations à la centrifugeuse : certains sujets ayant été victimes d'une syncope vaso-vagale lors du tilt test présentent à la centrifugeuse une très bonne tolérance aux accélérations (78). Dans notre étude, parmi nos dix navigants victimes de MEV lié aux accélérations, trois présentaient un tilt test positif et deux un tilt test négatif. Chez les cinq autres, le tilt test n'a pas été réalisé mais le réflexe oculo-cardiaque était positif dans un seul cas. Ces constatations corroborent l'étude de ZAWADZKA-BARTCZAK et KOPKA (78).

g) Les causes conjoncturelles et causes inconnues

Les causes conjoncturelles qui se définissent par des circonstances ponctuelles tout à fait exceptionnelles et qui laissent présager d'un pronostic favorable sont moins représentées, probablement du fait que celles-ci sont mieux gérées en unité.

Contrairement à l'étude précédente (39), on a retenu des facteurs étiologiques pour chacun des MEV, aucun ne restant sans facteur favorisant. Dans l'étude précédente, l'examen psychologique avait tout de même objectivé un trouble mineur chez la moitié des dix cas à causes indéterminées.

4. EVOLUTION DES CONSEQUENCES SUR LA MISSION ET L'APTITUDE

Le tableau XVII confirme la forte incidence opérationnelle des MEV. Aujourd'hui, comme hier, environ 2/3 des malaises en vol entraînent une interruption de mission. Si l'on observe une

baisse des missions interrompues avec reprise des commandes par le moniteur, cette différence n'est pas statistiquement significative et ce nombre confirme plus que jamais la mise en jeu potentielle de la sécurité des vols.

Tableau XVII : Comparaison de l'incidence des MEV sur la mission (en %)

	77 - 90	96 - 11
Missions interrompues	40	48
Missions interrompues avec reprise des commandes par le moniteur	28	15
Missions non interrompues	32	37

En termes d'aptitude, s'il y a moins d'hospitalisations pour MEV, le pronostic reste tout aussi péjoratif. En effet, de façon globale, on observe sur les deux périodes une large majorité (environ 60 %) de décision d'inaptitude ou de réorientation. Cela est représenté dans le tableau XVIII.

Cependant, certaines différences sont intéressantes à soulever. Les taux d'aptitude avec restriction et d'inaptitude temporaire sont plus élevés lors de notre période d'étude alors que les taux d'aptitude sans restriction et d'inaptitude définitive ont tendance à diminuer. Plus clairement, on observe la tendance actuelle à temporiser les décisions d'aptitudes pour suivre l'évolution du patient.

Plusieurs hypothèses peuvent être évoquées :

- Le fait que les pilotes de chasse soient moins représentés dans notre population peut expliquer en partie la diminution des décisions de réorientation,
- La tendance actuelle à temporiser les décisions d'aptitude par le choix d'inaptitudes temporaires et de reprises avec restrictions peut s'expliquer par la complexité de la

synthèse des facteurs étiologiques d'un MEV et par la prépondérance des facteurs psychologiques.

Tableau XVIII : Comparaison des décisions de l'expertise (en %)

Décisions	77 - 90	96 - 11
Apte	27,15	15
Apte avec restriction	14,57	25
Réorientation	27,15	22
Inapte temporaire	1,32	17
Inapte définitif	29,80	22

C. POURQUOI UNE TELLE EVOLUTION ?

1. IMPACT DU PROGRES TECHNIQUE

En complément au pantalon anti-G et à la ventilation en pression positive, l'inclinaison du siège vers l'arrière, voisine de 30° pour le Rafale, permet un gain de tolérance d'environ 2 G (47). Cette inclinaison du siège diminue ainsi la hauteur de la colonne hydrostatique entre le cœur et le cerveau. En comparaison, le pantalon anti-G (12) qui n'a guère évolué dans son principe de fonctionnement depuis la fin de la deuxième guerre mondiale apporte une protection de l'ordre de 1,5 à 2,5 G et la ventilation en pression positive remise en vigueur dans les années 80 un gain de 2 à 3 G.

Par ailleurs, après la mise en service opérationnelle du rafale (mach 2,8) en 2006, on n'a pas observé de problème technique majeur en dehors de la plainte initiale d'une symptomatologie respiratoire post vol, mineure et transitoire, liée à une relative hyperoxie par défaut de dilution du système de production d'oxygène, le concentrateur d'oxygène OBOGS (On Board Oxygene Generator). Ce phénomène n'a entraîné aucune hospitalisation, il a quasiment disparu avec l'adaptation du système par l'avionneur, et une étude de cohorte de 208 PN conduite sur quatre années avec scanner et EFR réguliers n'a pas mis en évidence de morbidité respiratoire à moyen terme.

2. *PRISE EN COMPTE DU FACTEUR HUMAIN*

Les facteurs humains (21,74) représentent l'ensemble des caractéristiques du fonctionnement humain (physiologique, mental et social) qui influent sur le déroulement de son activité, et de ce fait sur la sécurité aérienne. Ce concept est né dans le milieu civil dans les années 1979, à la suite de leçons tirées de la collision entre deux Boeings 747, le 27 mars 1977 à Tenerife, lors de la course au décollage, faisant 583 victimes. Il a été pleinement pris en considération dans les armées par l'établissement en 1994 d'un plan facteur humain.

a) Cours Resource Management

Les formations Resource Management (RM) sont des formations à la gestion des ressources humaines afin d'améliorer l'efficacité des acteurs de sécurité aérienne. Ce concept a été imaginé dans les années 70 et véritablement développé dans le civil dans les années 90 puis en 1994 au sein des armées. D'abord réservée aux PN, cette formation s'est rapidement étendue à l'ensemble des acteurs de sécurité aérienne. Elle a pour objectif de les sensibiliser aux caractéristiques cognitives, émotionnelles et physiologiques du fonctionnement humain afin d'identifier les difficultés en termes de facteur humain.

Après une acculturation en école d'officier, notamment pour les PN dans le cadre d'un module spécifique de l'ATPL, la formation se poursuit au sein de la base aérienne avec des séances de rafraîchissement tout au long de la carrière sous deux formes : des séances en salle avec échange entre les participants et des séances en simulateurs enregistrées et débriefées.

b) TOP et gestion de la cohérence cardiaque

Les techniques d'optimisation du potentiel officialisées en février 2008 suite à un travail sur les traumatismes psychiques en opérations constituent un ensemble de stratégies mentales et physiologiques permettant à chacun de mobiliser au mieux ses ressources physiques et psychologiques face à une situation compliquée. Elles font appel aux procédés de base que sont

la respiration, la relaxation et l'imagerie mentale. Les objectifs sont nombreux : préparation mentale, optimisation de la récupération, renforcement de la confiance en soi et des aptitudes motrices et cognitives, optimisation de la communication et de la cohésion, régulation des émotions, accélération des processus d'adaptation. De la même façon que les formations RM, après une formation initiale en école, un rafraîchissement est assuré au sein des unités des bases aériennes.

Intégrées au TOP, les techniques de cohérence cardiaque permettent de favoriser essentiellement la régulation émotionnelle. Par des méthodes de biofeedback, le PN apprend à réguler sa fréquence cardiaque.

c) Dépénalisation de l'erreur, forum participatif et réseau sécurité aérienne

La dépénalisation de l'erreur initiée en 2007 participe au développement d'une bonne formation FH car tout un chacun pourra sans crainte partager ses expériences d'échecs et trouver auprès de son pair une réponse et du réconfort. Des outils de communication ont été développés comme le site communautaire GVQ (« j'ai vécu ») où chaque PN peut partager de façon anonyme ses expériences.

Enfin, il existe une véritable chaîne de sécurité aérienne s'étendant des bases aériennes avec l'importance de l'officier de sécurité des vols (OSV) et de l'officier de sécurité aérienne base (OSAB) jusqu'à l'état-major de l'Armée de l'Air au travers des bureaux de maîtrise des risques (BMR).

d) Instruction aéro-médicale : hypoxie, générateur d'illusions sensorielles, stage MMR en centrifugeuse

(1) Formation sur le facteur de charge

Suite à plusieurs accidents en vol liés aux accélérations, l'état major de l'armée de l'air a décidé en 2004 de développer l'enseignement en centrifugeuse déjà en vigueur depuis plusieurs années aux USA. Avec le pantalon anti-G (PAG), l'inclinaison du siège et la ventilation en surpression, les pilotes restent vulnérables pour des expositions supérieures à +7Gz au-delà de cinq secondes, or les évolutions de combat sur avions modernes peuvent atteindre +9Gz d'où l'intérêt du développement de ces contre-mesures (21).

C'est au sein du département des plates-formes Contraintes Humaines Opérationnelles de l'institut de recherche biomédicale des armées qu'est dispensée cette formation à la pratique des manœuvres musculo-respiratoires (MMR) de protection anti-G. Après une formation théorique sur les accélérations et les mécanismes de régulation physiologique mise en jeu par l'organisme, les G-LOC (G-induced loss of consciousness) et les A-LOC (almost loss of consciousness), le PN bénéficie d'un entraînement statique sur siège avec capteurs de force sur palonnier puis un entraînement dynamique constitué de 4 lancements en centrifugeuse avec debriefing à chaud après chaque lancement :

Lancement 1 : échauffement et premier essai des MMR

Lancement 2 : sensibilisation à l'efficacité des manœuvres anti-G

Lancement 3 : apprentissage du dosage des MMR en fonction du niveau de G

Lancement 4 : réalisation des MMR au cours d'une simulation de pilotage

Au total, cela représente une durée d'exposition aux accélérations de 12 minutes avec temps de présence dans la nacelle d'environ une heure et niveau maximal de +8 Gz.

Les manœuvres anti-G volontaires sont des manœuvres générant une augmentation de la pression artérielle par blocage expiratoire (équivalent de valsalva) et contraction musculaire généralisée (cuisses, mollets, abdominaux, appui sur le palonnier). Bien réalisées, elles font gagner 2 à 3 Gz.

(2) Formation aux illusions sensorielles

Plus ancienne, la formation aux illusions sensorielles n'a guère évolué depuis les années 80. Elles comprennent une formation théorique aux bases physiologiques de l'équilibration, de l'orientation et aux mécanismes responsables des illusions sensorielles, puis une formation pratique avec des ateliers de démonstration d'illusions d'origine visuelle et un atelier de démonstration d'illusions sensorielles d'origine vestibulaire grâce au générateur d'illusion sensorielle.

(3) Formation à l'hypoxie

La formation à l'hypoxie au sein de l'armée de l'air remonte à 1962. L'objectif est de sensibiliser les stagiaires et les former à reconnaître les premiers symptômes. Après un rappel théorique des effets liés à l'altitude, les stagiaires bénéficient d'une montée fictive en caisson hypobare à une altitude de 30 000 ft soit 10 000 m. Après avoir coupé l'arrivée d'oxygène, ils seront soumis à des tests logiques simples de mémoire et de vision. Chaque stagiaire restitue ses propres sensations lors d'un debriefing au décours.

3. GESTION EN UNITE OPERATIONNELLE

Cette hypothèse d'une meilleure gestion en unité, déjà évoquée dans les parties précédentes, peut être soulevée. Notre étude ne permet pas de valider celle-ci mais il est fort probable que les cinétoses, les causes conjoncturelles, les barotraumatismes soient majoritairement gérés à l'échelon de l'unité. Il serait intéressant de réaliser une étude prospective auprès des médecins PN afin d'évaluer ces données.

D. INTERETS ET LIMITES DES EXPLORATIONS EN MEDECINE AERONAUTIQUE

Le service de médecine aéronautique de l'HIA Percy est un service spécialisé unique en Europe. Il possède une double vocation : médecine de soins cardiologiques à orientation rythmologique et médecine aéronautique. Ce service est sollicité chaque fois que des explorations approfondies doivent être réalisées de façon exhaustive et en un temps relativement limité. Ce service étant également un terrain de formation pour les futurs experts aéromédicaux, un staff hebdomadaire permet une étude globale et pluridisciplinaire si nécessaire du dossier du navigant, pour une décision la plus individualisée.

Le service travaille en coopération avec les autres services de l'hôpital mais aussi avec le centre principal d'expertise du personnel navigant. Ainsi, il possède un plateau technique adapté qui permet d'effectuer de nombreuses explorations : unité fonctionnelle ORL avec audiométrie tonale/vocale, tympanométrie, examen calorique calibré, équitest, vidéonystagmographie ; unité fonctionnelle ophtalmologique ; unité fonctionnelle d'explorations cardio-vasculaires : ETT, ETO, échodoppler artériel/veineux, Holter ECG, épreuve d'effort, MAPA, potentiels tardifs ventriculaires (PTV), échographie de stress, ROC / Tilt-test ; laboratoire d'EEG (EEG sensibilisés par SLI, hyperventilation, privation de sommeil). Il est en étroite relation avec le service médical de psychologie clinique appliquée à l'aéronautique (SMPCAA). Enfin, des épreuves de contraintes peuvent être organisées en coopération avec l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA – Brétigny/Orge) et le Département de Médecine Aéronautique Opérationnelle (DMAO – Mont de Marsan) : test en centrifugeuse, Holter ECG lors d'un vol.

Dans le cadre d'un malaise en vol, le bilan réalisé permet en tout premier lieu d'éliminer une cause organique précise par des explorations biologiques, neurologiques et cardiovasculaires : IDM, épilepsie... qui ferait remettre en cause le diagnostic de malaise en vol. Cependant, ce bilan approfondi permet parfois de découvrir des pathologies fortuites sans lien avec le MEV. Ainsi dans notre étude, il a été découvert deux incidentalomes sur IRM cérébrale : des hypersignaux sous corticaux multiples aspécifiques et un kyste arachnoïdien de 4x15 mm.

En fonction de l'anomalie découverte, des explorations adaptées peuvent s'avérer nécessaires, de même qu'une possible répercussion sur l'aptitude. En l'occurrence, les deux incidentalomes sus cités n'ont pas eu de conséquence sur l'aptitude des deux patients.

Le deuxième objectif est de rechercher un terrain favorisant et notamment une hypervagotonie favorisant le G-LOC. Outre la recherche d'une hypotension orthostatique, des examens spécifiques sont pratiqués : massage sino-carotidien, réflexe oculo-cardiaque, épreuve d'effort avec arrêt brutal et test d'inclinaison sensibilisé à la Clomipramine. Une problématique est constituée par le constat d'un terrain d'hypervagotonie sur les données des examens, sans aucun antécédent de malaise vagal. La question de leur imputabilité dans le MEV alors même que d'autres facteurs étiologiques sont retrouvés se pose alors. On comprend dès lors la complexité de l'expertise du MEV. L'évaluation psychologique, systématique, est très importante pour rechercher un terrain psychologique particulier. On peut souligner dans notre étude sa forte rentabilité avec un trouble psychologique retrouvé dans 2/3 des cas.

Enfin, la réalisation d'épreuve de contrainte, non systématique, orientée par l'anamnèse du MEV et notamment sur la composante physiologique (MEV sous facteur de charge par exemple) permet de valider ou non l'hypothèse du facteur étiologique retenu et surtout d'évaluer le risque de récurrence. Il ne s'agit pas d'une épreuve systématique car on n'intègre pas le sujet dans le milieu aéronautique, on ne fait que reproduire certaines contraintes comme des accélérations. Il s'agit donc bien d'évaluer une réponse physiologique de l'organisme à une contrainte donnée.

Une fois l'ensemble de ces explorations réalisées, il convient alors de faire la synthèse de l'ensemble des résultats obtenus. Il peut être parfois difficile de dresser une conclusion à l'expertise lorsqu'il n'existe pas une grande concordance entre la description du MEV et les facteurs étiologiques *a priori* retenus d'où l'intérêt de l'environnement hospitalier et de l'approche pluri-disciplinaire (48,75).

Notons la démarche particulière de l'expertise dans le MEV. Si habituellement, la décision d'aptitude dépend d'une évaluation du risque d'événement symptomatique en vol, suite au diagnostic et au pronostic d'une affection ou anomalie décelée, elle dépend ici de l'estimation du risque de récurrence à partir de facteurs étiologiques retrouvés suite à la survenue déjà d'une symptomatologie en vol.

E. ILLUSTRATION DE LA COMPLEXITE DU MALAISE EN VOL : DU SYMPTOME A LA DECISION

Dans cette partie, nous nous proposons de décrire deux dossiers cliniques afin d'illustrer la démarche d'expertise.

Le premier cas concerne un jeune NOSA chasse de 24 ans qui a présenté en 2006 un malaise en vol avec perte de connaissance brève lors d'un vol sur Mirage 2000 N. Il comptait cinq ans de service et 400 h de vol. Il ne présentait pas d'antécédents particuliers. Son cursus fut assez chaotique. Initialement orienté vers une formation de pilote de chasse, il a terminé son tronc commun malgré de nombreuses difficultés ayant motivé une consultation psychologique. Lors de sa formation élève pilote de chasse, il a rencontré de nouvelles difficultés et a été réorienté comme NOSA alors que son désir se portait plutôt vers le pilotage d'hélicoptère ou de transport.

Cinq jours après son arrivée sur la base aérienne d'Istres, après un premier vol sans problème le matin, il décolle pour le 2^{ème} vol à 16 h 30. Au bout de 30 minutes, à une altitude de 500 pieds, il présente une sensation d'asthénie intense avec paresthésies, vision floue, nausées et vertige suivi d'une perte de connaissance brève. Il n'a jamais présenté de malaise lors des vols sur Epsilon ou Alphajet, vols pour lesquels le facteur de charge était élevé.

Il est hospitalisé dans le service de Médecine Aéronautique car la perte de connaissance constitue un critère de gravité. Dans le service, l'examen clinique était sans particularité ainsi que l'ensemble des explorations paracliniques : biologie standard, ECG, Holter ECG, ETT,

épreuve d'effort, ROC, tilt test, EEG, explorations ORL et ophtalmologiques. L'expert psychiatre soulignait que les manifestations qui ont précédé la perte de connaissance s'apparentaient aux symptômes somatiques que l'on observe dans les états d'anxiété notamment lorsqu'ils s'accompagnent d'hyperventilation. Ce malaise en vol faisait suite à d'autres troubles apparus en vol sur Mirage 2000 lors de configurations de combat.

Au terme du bilan, il a été considéré que les MEV présentés étaient en rapport avec une mauvaise gestion des contraintes aéronautiques (stress, charge cognitive...) inhérentes à l'aviation sur aéronefs à hautes performances. Il fut donc décidé d'une inaptitude NOSA avec avis favorable pour une réorientation transport.

Le patient est revu en consultation au SMPCAA quatre années plus tard, adressé par le médecin PN pour récurrence de malaise en vol. Depuis sa dernière hospitalisation, le patient avait été affecté sur Evreux comme navigateur sur TRANSALL alors qu'il souhaitait être affecté sur avion ravitailleur KC135.

A l'été 2010 lors de son deuxième malaise en vol, il décrit l'apparition de fourmillements des extrémités aux membres supérieurs et inférieurs, une tête lourde, une respiration qui s'accélère, un point sur la poitrine, des contractions musculaires notamment au niveau de la nuque et une perte de sensibilité des deux avant-bras.

Les examens cliniques et paracliniques étaient une nouvelle fois non contributifs.

L'expert psychiatre retrouvait un mal être évoluant depuis un an avec une perte de motivation. Celle-ci coïncidait avec la rencontre d'une jeune femme il y a un an et demi au Chili. Elle avait tout quitté pour venir s'installer avec lui en France et cela lui faisait éprouver une grande culpabilité du fait de ses nombreux déplacements professionnels, car un navigateur transport est très souvent absent du domicile. Il évoquait également les divorces à l'escadron et le modèle parental, son père gendarme mobile qui était toujours en mission contre le gré de sa mère. Il parlait également des inquiétudes de cette dernière quant au risque d'accident en vol et

précisait qu'en 2003, il avait assisté au décès d'un pilote de la Patrouille de France et, en 2004, à celui d'un de ses camarades de promotion lors d'un vol en Tucano.

En conclusion, une inaptitude définitive à l'emploi dans le personnel navigant a été décidée.

Dans le deuxième cas, il s'agit d'un pilote de chasse de 25 ans, cinq ans et demi de service, 400h de vol affecté à l'Escadron de Transformation Opérationnelle. Il ne présentait pas d'antécédents particuliers en dehors d'une ménisectomie partielle du genou gauche en 2003 et d'une cure d'hernie inguinale droite début 2004. Il n'avait jamais présenté de malaise d'allure vaso-vagal. Il était passionné par le métier de pilote militaire depuis la classe de seconde et avait passé le concours de l'Ecole de l'Air. Sa formation s'était déroulée sans encombre mais il avait dû être arrêté de vol pendant six mois de novembre 2003 à avril 2004 du fait de ses problèmes de genou.

En mai 2004, l'intéressé présentait un premier malaise sans perte de connaissance lors d'un vol IFR entre Tours et Salon sur Alphajet : il était en place avant avec moniteur à l'arrière. Au bout de 30 minutes de vol, au niveau 85, il a ressenti une asthénie intense avec viscosité mentale (ralentissement des processus psychiques). Son moniteur a repris les commandes et lui a demandé de passer l'oxygène sur 100 %. Le reste du vol s'est bien déroulé.

Par la suite, à trois reprises sur une période d'une année, il aurait présenté lors de vols de combat des pertes de conscience brèves sous facteur de charge de +5,5 à +6 Gz, suspectées par ses moniteurs devant des réactions anormales aux commandes ou l'absence de réponse. L'intéressé disait ne pas en avoir eu conscience, n'évoquant ni voile gris ni voile noir. On retenait chez ce pilote une fatigue accumulée du fait de ses opérations successives et du rythme élevé des vols à cause du retard accumulé dans sa formation.

L'examen clinique était sans particularité. La biologie, l'ECG, le Holter ECG, la MAPA, l'épreuve d'effort, l'ETT, l'EEG étaient sans anomalie. Le ROC était positif avec une pause de 3,40

secondes ainsi que le tilt test avec une sensation de malaise et chute de la TA à 68/44 à la 8^{ème} minute. L'épreuve en centrifugeuse concluait à une mauvaise tolérance mais restant dans le domaine physiologique, avec un bénéfice évident à pratiquer de manière plus systématique les manœuvres anti-G.

Au cours de l'entretien psychiatrique, on retenait une certaine « nature » anxieuse se manifestant en particulier par le désir de bien faire. Cette anxiété fut vraisemblablement exacerbée par les deux épisodes d'arrêt de vol. Le jeune pilote évoquait des instants de sidérations anxieuses qui l'auraient amené à répondre tardivement aux sollicitations des moniteurs. Cette anxiété « le mettait parfois en difficulté », avec un sentiment d'être en retard par rapport à la vitesse inhérente à l'avion de chasse. Il existait ainsi une certaine anxiété névrotique qui aurait pu devenir invalidante dans sa spécialité de pilote de chasse.

La synthèse complexe de l'ensemble de ces éléments conclut à des malaises successifs dans un contexte de fatigue avec un terrain vaso-vagal favorisant et une anxiété névrotique susceptible de poser problème. Le test en centrifugeuse montrait l'absence d'intolérance aux accélérations si les manœuvres musculo-respiratoires étaient correctement effectuées.

Après discussion avec l'intéressé et dans la mesure où les derniers vols s'étaient bien passés, il fut décidé d'une aptitude temporaire pilote de chasse sous réserve d'un deuxième pilote confirmé à bord avec réévaluation psychologique à deux mois.

La reprise des vols a été marquée par une récurrence de malaise en vol : lors d'un entraînement au combat aérien, au cours d'une ressource, manche tiré au maximum, sous +6.8 Gz, il a présenté un rétrécissement du champ visuel avec incapacité à voir l'altimètre, un ralentissement idéo-moteur et une impossibilité de piloter suivie d'une brève perte de conscience.

Il fut alors décidé d'une inaptitude définitive au pilotage d'avion de chasse avec avis favorable à une reconversion pilote d'hélicoptère ou transport. Le patient a été réorienté vers le pilotage d'hélicoptère et n'a pas été réhospitalisé depuis.

Ces deux exemples illustrent la complexité des MEV. Dans le premier cas, on voit la forte participation du facteur psychologique dont la somatisation peut aller jusqu'à la perte de connaissance. Le deuxième cas montre combien il peut être difficile de faire la synthèse des différents facteurs étiologiques retrouvés afin d'estimer le risque de récurrence car en l'occurrence, on retrouvait ici un facteur psychologique, une mauvaise tolérance aux accélérations, une cause conjoncturelle (fatigue, retard, rythme).

VII. CONCLUSION

Cette étude rétrospective sur analyse de 65 dossiers de MEV sur la période 1996-2011 permet de tirer plusieurs enseignements.

Le malaise en vol reste plus que jamais une entité spécifiquement française avec ses caractéristiques pluri-symptomatiques et pluri-factorielles, ses répercussions opérationnelles non négligeables et sa dangerosité.

Dans le contexte de prise en compte du facteur humain par l'armée de l'air depuis 1994, on observe une diminution de moitié du nombre d'hospitalisations pour MEV en service de médecine aéronautique par rapport à la période 1977-1990, avec une diminution significative de la proportion de pilotes de chasse. Les autres caractéristiques épidémiologiques restent similaires, en particulier les MEV concernent tout PN, et les jeunes navigants les moins expérimentés restent le plus à risque.

Parmi les facteurs étiologiques retrouvés, on observe dans l'ordre d'importance décroissante les facteurs psychologiques, les causes fonctionnelles, constituant surtout un

terrain favorisant, puis les facteurs dits « organiques », les cinétoses (en baisse), les faibles tolérances aux accélérations, enfin les causes conjoncturelles nettement moins représentées.

Le pronostic des MEV est toujours aussi péjoratif, une inaptitude ou une réorientation dans une autre spécialité navigante étant très fréquente. Cependant, il apparaît une certaine évolution dans les décisions d'expertise, avec une tendance actuelle à temporiser les décisions d'aptitude et à réévaluer les patients à distance avant la décision définitive.

Si on peut émettre l'hypothèse qu'il y a moins de malaises en vol sur notre période d'étude, il serait intéressant de valider celle-ci en réalisant une étude auprès de l'ensemble des médecins PN, soit prospective en définissant une durée d'étude, soit rétrospective par analyse de l'ensemble des dossiers PN sur une année.

Il pourrait également être intéressant d'introduire les MEV au sein de la déclaration épidémiologique hebdomadaire des armées afin de créer un indicateur d'évolution.

« La vérité de demain se nourrit de l'erreur d'hier. »

Antoine de Saint Exupéry

ANNEXE 1 : MODELE D'OBSERVATION TYPE

HOPITAL D'INSTRUCTION DES ARMEES PERCY

101, Avenue Henri Barbusse
B.P. 406
92141 CLAMART Cedex
☎ : 01 41 46 62 41

Clamart, le ...

N°

SERVICE DE MEDECINE AERONAUTIQUE

- OBSERVATION MEDICALE -

Concernant :

Monsieur X
20 ans – marié – 1 enfant
Aspirant (officier sous contrat) - 10 ans de service
NOSA Chasse - 1030 heures de vol
Affecté base aérienne 701 Salon
~~~~~

### ANTECEDENTS :

Familiaux :

Personnels :

Chirurgicaux :

Médicaux :

### FACTEURS DE RISQUE CARDIOVASCULAIRE :

- Hérité :
- tabac :
- dyslipémie :
- hypertension artérielle :
- diabète :
- surcharge pondérale : (IMC à kg/m²)
- sédentarité :

### MODE DE VIE :

- alcool :
- excitants :
- activité sportive : ... heures par semaine
- traitement actuel :
- allergie connue :
- séjours outre-mer / OPEX :

### HISTOIRE DE LA MALADIE :

### MOTIVATION AERONAUTIQUE :

### EXAMEN CLINIQUE :

Patient en bon état général, pesant ... kg pour une taille de 1 m ...

- **Examen cardio-vasculaire** : bruits du cœur réguliers à bpm, sans bruit surajouté. Pression artérielle à mmHg aux 2 bras, couché et debout. Pouls périphériques perçus, symétriques et sans souffle.

- **Examen pulmonaire** : inspection, palpation, percussion et auscultation normales.

- **Examen abdominal** : Abdomen souple, dépressible et non douloureux. Absence d'hépatosplénomégalie, ni de masse palpable. TR non effectué.

- **Aires ganglionnaires** : libres.

- **Examen de la thyroïde** : normal.

- **Examen neurologique** : tonicité, motricité, réflexivité, sensibilité superficielle et profonde normales. Intégrité des paires crâniennes.

- **Examen uro-génital** : fosses lombaires libres.

- **Examen rhumatologique** :

- **Examen cutané** :

### EXAMENS COMPLEMENTAIRES :

#### **Hématologie :**

GR : /mm<sup>3</sup>

Hémoglobine : g/dl

Hématocrite : %

VGM : µ<sup>3</sup>

GB : /mm<sup>3</sup>

Polynucléophiles : %

Eosinophiles : %

Basophiles : %

Lymphocytes : %

Monocytes : %

Plaquettes : /mm<sup>3</sup>

VS : / mm

Protéine C réactive : mg/l

Fibrinogène : g/l

#### **Hémostase :**

Taux de prothrombine : %

Temps de céphaline activée : sec (témoin sec)

**Biochimie :**

Créatinine :  $\mu\text{mol/l}$   
Urée :  $\text{mmol/l}$   
Glycémie :  $\text{mmol/l}$   
Acide urique :  $\mu\text{mol/l}$   
Cholestérol total :  $\text{mmol/l}$   
Cholestérol HDL :  $\text{mmol/l}$   
LDL cholestérol :  $\text{mmol/l}$   
Triglycérides :  $\text{mmol/l}$   
Ferritine :  $\mu\text{g/l}$   
Fer :  $\mu\text{mol/l}$   
Transferrine :  $\text{g/l}$   
Coefficient de saturation de la transferrine : %  
Bilirubine totale :  $\mu\text{mol/l}$   
Phosphatases alcalines :  $\text{U/l}$

**Electrophorèse des protéines :**

Protides totaux :  $\text{g/l}$   
Albumine :  $\text{g/l}$   
Alpha 1 : %  
Alpha 2 : %  
Bêta : %  
Gamma : %

**Activités enzymatiques :**

ASAT :  $\text{U/l}$   
ALAT :  $\text{U/l}$   
Gamma GT :  $\text{U/l}$   
Créatine kinase :  $\text{U/l}$   
Lactate deshydrogénase :  $\text{U/l}$

**Ionogramme :**

Sodium :  $\text{mmol/l}$   
Potassium :  $\text{mmol/l}$   
Chlorures :  $\text{mmol/l}$   
CO2 total :  $\text{mmol/l}$   
Calcium :  $\text{mmol/l}$   
Phosphore :  $\text{mmol/l}$

**Hormones thyroïdiennes :**

TSH us :  $\text{mU/l}$  (0.465 - 4.68)  
T3 libre :  $\text{pmol/l}$  (4.26 - 8.1)  
T4 libre :  $\text{pmol/l}$  (10 - 28.2)

**Examen des urines :**

Diurèse :  $\text{ml}$   
Corps cétoniques urinaires :  
Glycosurie :  
Protéinurie :  
Créatinine :  $\text{mmol/24 h}$

**Ionogramme :**

Sodium :  $\text{mmol/24 h}$   
Potassium :  $\text{mmol/24 h}$   
Chlorures :  $\text{mmol/24 h}$   
Calcium :  $\text{mmol/24 h}$   
Phosphore :  $\text{mmol/24 h}$

**HLM :****ECBU :****Electrocardiogramme :****Enregistrement semi-automatisé de la pression artérielle :****Mesure ambulatoire de la pression artérielle :****Electrocardiogramme d'effort** (sur cycle ergomètre) :**Echocardiographie :****Radiographie thoracique :****Consultation d'ORL :****Consultation d'ophtalmologie :****Consultation de psychiatrie :****EN RESUME :****EN CONCLUSION :**

Les éléments actuels permettent de proposer le .....

Monsieur le médecin ...

**Avis à soumettre à :**

Monsieur le Médecin Général  
Directeur du CPEMPN

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 BANKS R.D., GRISSETT J.D., TURNISPEED G.T., SAUNDERS P.L., RUPERT A.H.  
The "push-pull" effect.  
Aviation Space and Environmental Medicine, 1994, 65, pp.699-704.
- 2 BANKS R.D., GRISSETT J.D., SAUNDERS P.L., MATECZUN A.J.  
The effect of varying time at -Gz on subsequent + Gz physiological tolerance (push-pull effect).  
Aviation Space and Environmental Medicine, 1995, 66, pp.723-727.
- 3 BEAD-AIR  
Rapport d'enquête technique A-2003-021-A, 2003.
- 4 BORDIER A.  
Psychopathologie du mal de l'air.  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 1997, 36, 142, pp.103-105.
- 5 BORDIER A., SOLIGNAC G., DENIS J.B., JEUDY R., CHOLLET S., VANDERMEIREN S.  
Peur, angoisse et phobie du vol.  
Médecine aéronautique et Spatiale, 1999, 38, 150, pp.127-131.
- 6 BURLATON J.P., CARLIOZ R., DEROCHE J., GOMMEAUX H., ZAIBI M., SEIGNEURIC A.  
Le mal de l'air dans le personnel navigant des armées en école de formation.  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 1997, 36, 142, pp.94-102.
- 7 BURLATON J.P., MONCHALIN M.C., BERTRAN P.E., MARTEL V., DIDELOT F., SEIGNEURIC A.  
Les malaises en vol. Etude rétrospective de 151 cas.  
38<sup>ème</sup> Congrès International de Médecine Aéronautique et Spatiale. Paris, 10 au 13/09/1990.
- 8 BURLATON J.P., SEIGNEURIC A.  
Les malaises en vol dans le personnel navigant militaire français : étude rétrospective de 151 cas.  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 1992, 31, 122, pp.128-134.
- 9 BURTON R.R.  
G-induced loss of consciousness: definition, history, current status  
Aviation Space and Environmental Medicine, 1988, 59, pp.2-5.
- 10 CARLIOZ R., PIERRE L., MONTEIL M., BURLATON J.P.  
Le traitement du mal de l'air.  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 1997, 36, 142, pp.106-109.
- 11 CLERE J.M., MAROTTE H., FLORENCE G., VIEILLEFOND H.  
Pertes de connaissance sous facteur de charge.  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 1987, 26, 103, pp.197-201.
- 12 CLERE J.M., OSSARD G., AMICHAUD J.C., TURILLON A., KERGUELEN M., MAROTTE H.  
Evolution des pantalons anti-G français durant la dernière décennie.  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 1993, 32, 125, pp.49-55.
- 13 COLAS BENAYOUN M.-D., SOLIGNAC G.  
Peur ou phobie du vol : du normal au pathologique. Aspects cliniques et psychopathologiques.  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 2004, 45, pp.28-33.

14 COLAS M.-D.

Pertes de connaissance de durée brève et malaise en vol. « Le point de vue du psychiatre ».  
Médecine Aéronautique et Spatiale, 2009, 50, 185, pp.23-27.

15 COLIN J., TIMBAL J.

Médecine Aéronautique, 2<sup>ème</sup> édition.

Expansion Scientifique Publications, 680 p.

16 COWLEY D.S., ROY BYRNE P.D.

Hyperventilation and panic disorder

The American Journal of medicine, 1987, 83, pp.929-937.

17 DCSSA

Instruction n°800/DEF/DCSSA/AST/AME relative à l'aptitude médicale aux emplois du personnel navigant des forces armées du 20 février 2008.

18 DRH-AA

Instruction n°4000/DEF/DRH-AA/SDEP-HP/BPE relative aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de l'air et à la définition des standards d'aptitude médicale minimaux à requérir dans les emplois du personnel navigant du 22 février 2013.

19 DRH-AA

Instruction N° 15000/DEF/DRH-AA/SDGR/BR relative au recrutement en qualité d'élève officier sous contrat du personnel navigant de l'armée de l'air du 30 juillet 2012.

20 DUDRET V.

Le plan d'action « facteurs humains » : les origines.

Le bulletin de sécurité des vols, 2009, 223, pp.20-21.

21 EMAA/BMR

Instruction IV-51 relative à la formation facteurs humains des acteurs de la sécurité aérienne du 14 janvier 2011.

22 EMAA/BMR

Bilan des événements aériens année 2012

23 EVEN J.-P.

Les malaises en vol. Au sujet d'une enquête anonyme menée sur une base aérienne militaire de formation.

Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Médecine, Bordeaux, 2003.

24 FERON P.

Pertes de connaissance dues au facteur de charge

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1992, 21, 122, pp.123-127.

25 FLORENCE G., TRAN D., LAGARDE D., PLAGNES D., BONNIER R., RIONDET L., VAN BEERS P., SERRA A., ETIENNE X., BOUY J.-C., JOUANIN J.-C., TINET E., AVRILLIER S., OLLIVIER J.-P.

Caractéristiques cérébrovasculaires et électrophysiologiques de la perte de conscience induite par les accélérations + Gz.

Rapport de recherche IMASSA n°00-10.

26 GALLE – TESSONNEAU J.R.

La psychopathologie des élèves pilotes et la surveillance médico-psychologique en école de pilotage.

AGARD-227, août 1977

27 GALLE – TESSONNEAU J.R., BORDIER A., DENIS J.B., SOLIGNAC G., VERON G.

Aspects psychologiques des conditions et de l'organisation de l'activité aérienne. Aspects cliniques de l'adaptation aéronautique.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1990, 29, pp.402-409.

28 GALLE – TESSONNEAU J.R., BORDIER A., DENIS J.B., SOLIGNAC G., VERON G.

Psychologie médicale, psychiatrie et hygiène mentale aérospatiales.

In Colin J., Timbal J., Médecine Aérospatiale 2<sup>ème</sup> édition, Paris: Expansion Scientifique Française, 1999, pp.395-415.

29 GALLE – TESSONNEAU J.R., SOLIGNAC G.

Quelques remarques sur les aspects psychologiques des malaises en vol.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1985, 24, 96, pp.237-239.

30 GAY M., HERMANT A.

Pilotage, facteurs humains, formation et sophrologie.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1997, 36, 143, pp.159-162.

31 GOUTEYRON J.F., NOTTET J.B., PATUANO E., DIARD J.P., DOUCE P.

Physiopathologie du mal de l'air.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1997, 36, 142, pp.87-89.

32 GRAS D., BEYLOT V.

Les troubles de l'adaptation aéronautique : A propos de deux cas.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 2008, 49, 182, pp5-10.

33 HAS

Pertes de connaissance brèves de l'adulte : prise en charge diagnostique et thérapeutique des syncopes

Synthèses des recommandations professionnelles, mai 2008.

34 JACOB J., MARCK J.-L.

Du malaise en vol à l'accident aérien.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1992, 21, 122, pp.143-149.

35 JAMES M., GREEN R.

Airline pilot incapacitation survey.

Aviation Space and Environmental Medicine, 1991, 62, pp.1068-1072.

36 JARDINE DL.

Vasovagal syncope: new physiologic insights.

Cardiology Clinics, 2013, 31, 1, pp.75-8.

37 JAUFFRET D.

Du malaise subtil à la perte de connaissance en vol.

Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Médecine, Marseille, 1998.

38 KERGUELEN M.

Le traitement des cinétoses.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1996, 35, 139, pp.129-137.

39 LE CLAINCHE P.

Les malaises en vol chez le personnel navigant militaire de l'armée de l'air française : à propos de 151 observations.

Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Médecine, Bordeaux, 1991.

40 LEDUC P.A.

Les pertes de connaissance en vol sous accélérations +Gz : étude clinique à propos de 14 observations.

Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Médecine, Lyon, 1993.

41 LEGUAY G.

Incapacités soudaines et malaises en vol.

In Colin J., Timbal J., Médecine Aérospatiale 2<sup>ème</sup> édition, Paris: Expansion Scientifique Française, 1999, p 395-415.

42 LEGUAY G.

Aspects étiologiques des malaises en vol.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1980, 20, 80, pp.267

43 LEGUAY G.

Evolution des normes d'aptitude en médecine aéronautique. Bénéfices et difficultés des progrès médicaux.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1991, 30, 120, p.439.

44 MAC DOUGALL J.D., Mc KELVIE R.S., MOROZ D.E., MOROZ J.S., BUICK F.

The effects of variations in the anti-G straining.

Aviation Space and Environmental Medicine, 1993, 64, pp.126-131.

45 MANEN O., PERRIER E., GENERO M.

Ground vasovagal presyncope and fighter pilot fitness: aeromedical concerns.

Aviation Space and Environmental Medicine, 2011, 82, 9, pp.917-920.

46 MAROTTE H.

Hyperventilation en vol.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1985, 24, 95, pp.169-172.

47 MAROTTE H.

Manuel de physiologie aéronautique, 2002. 212p.

48 MAUGEY B., GOUTEYRON J.F., SOLIGNAC G., BURLATON J.P., SEIGNEURIC A.

Les limites des techniques modernes d'exploration de l'équilibration. A propos d'une enquête sur un malaise en vol.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1990, 29, 116, pp.255-260.

49 MAYER G.

Les malaises en vol chez le personnel navigant de l'Armée de l'Air française. A propos de 100 observations.

Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Médecine, Paris, 1978.

50 MICHAUD V.J., LYONS T.J.

The « push-pull effect » and G-LOC accidents in the U.S. Air Force.

Aviation Space and Environmental Medicine, 1998, 69, pp.1104-1106.

51 MONCHALIN M.C.

Les malaises en vol dans l'Armée de l'Air : enquête sur un échantillon tiré au sort de 294 personnels navigants.

Mémoire de spécialité : médecine aéronautique et spatiale, 1992.

52 MONCHALIN M.C.

Malaises en vol : réflexions à propos d'une enquête.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1998, 37, 147, pp.193-200.

53 MONCHALIN M.C., BERTRAN P.E., GUIGUET P., TASSIE C., SEIGNEURIC A.

Les malaises en vol : présentation d'une enquête en cours au sein de l'Armée de l'Air.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1992, 31, 122, pp.139-142.

54 OSSARD G., KERGUELEN M., CLERE J.-M., SEYLAZ J.

Accélération +Gz de longue durée et débit sanguin cérébral

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1993, 32, 128, pp.254-262.

55 OSSARD G., MARTEL V.

Aspects épidémiologiques des accidents d'aéronefs militaires survenus en France de 1977 à 1988.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1991, 30, 119, pp.368-371.

56 PARSAL J.

Les malaises en vol dans le personnel navigant militaire jeune, influence de la pathologie fonctionnelle (à propos de 20 cas)

Mémoire présentée, année 1981

Concours de spécialité de médecine aéronautique.

57 PERREAUT E., COSTAMAGNO E.

La sélection psychotechnique du personnel navigant de l'Armée de l'air.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 2007, 48, 95, 5-9.

58 PERRIER E., CARLIOZ R., DEROCHE J., QUINIOU G., BURLATON JP.

Physiologie cardiovasculaire aéronautique.

Encyclopédie Médico-chirurgicale, 2003.

59 PESQUIES P., PINGANNAUD M., NATHIE J.

Analyse des Malaises en Vol constatés dans l'Armée de l'Air Française de 1961 à 1968.

Revue de Médecine Aéronautique et Spatiale, 1969, 8, 29, pp.13-18.

60 PICANO J.J., EDWARDS H.F.

Psychiatric syndromes associated with problems in aeronautical adaptation among military student pilots.

Aviation Space and Environmental Medicine, 1996, 67, pp.1119-1123.

61 PIERRE L.

Le mal de l'air : enquête dans les écoles de formation du personnel navigant des armées.

Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Médecine, Lyon, 1996.

62 PLACIDI T., FLANDROIS R.

Les malaises en vol.

La Médecine Aéronautique, bulletin du Service de Santé de l'Air, 1<sup>er</sup> trimestre 1955, pp.201-215.

63 QUANDIEU P., GUILLAUME A., GAFFIE D., LIEBAERT P., SARRON J.C., TRICOT F., LANGON M., JUDE C.

Gz et hypoxie cérébrale - Gz et hypertension intracrânienne

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1989, 28, 111, pp.190-194.

Rapport C.E.R.M.A. 92-22.

64 QUANDIEU P.

Les pertes de connaissances en vol sous fort Jolt : théorie biomécanique, synthèse.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1992, 31, 122, pp.113-122.

65 ROYAL L., JENSEN B., WILKINS M.

Motion sickness susceptibility in student navigators.

Aviation Space and Environmental Medicine, 1984, 55, pp.277-280.

66 SEIGNEURIC A.

Du malaise en vol à la perte de connaissance sous accélération.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1992, 31, 122, pp.107-112.

67 SOLIGNAC G., BORDIER A., DENIS J.B., GALLE-TESSONNEAU J.R.

Aptitude mentale, nosographie psychiatrique et adaptation professionnelle en aéronautique.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1993, 32, 127, pp. 166-171.

68 STOTT J.R.R.

Prevention and treatment of motion sickness : non-pharmacological therapy.

AGARD 9.

69 STOTT J.R.R.

Management of acute and chronic motion sickness.

AGARD 11.

70 SVENSSON E., ANGELBORG – THANDERZ M., SJOBERG L.

Mission challenge, mental workload and performance in military aviation.

Aviation Space and Environmental Medicine, 1993, 64, pp.985-991.

71 TABUSSE L., PANNIER R.

Pertes de connaissance et Malaises en Vol.

A propos de 40 observations dans le service clinique de médecine aéronautique de l'hôpital militaire d'instruction D.LARREY de Versailles.

Congrès International de Médecine Aéronautique et Cosmonautique, 1962, pp.271-291.

72 TASK FORCE FOR THE DIAGNOSIS AND MANAGEMENT OF SYNCOPE; EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY (ESC) et al.

Guidelines for the diagnosis and management of syncope (version 2009)

European Heart Journal, 2009 Nov, 30, 21, pp.2631-2671.

73 VACHER A., LARDET B., MORTIER E., BOURGEON L., BOURGY M., FORNETTE M-P., CHEMSI M., BISCONTE S., BROcq F.-X., DUBOURDIEU D., VALOT C.

Enquêtes techniques après accidents et incidents aériens et analyses des aspects facteurs humains.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 2009, 50, 187, pp.5-13.

74 VALOT C.

15 ans de FH

Le bulletin de sécurité des vols, 2010, 224, pp.5-7.

75 VAN DIJK N., COLMAN N., DAMBRINK J.H., WIELING W.

Pilots with vasovagal syncope: fit to fly?

Aviation Space and Environmental Medicine, 2003, 74, 5, pp.571-574.

76 WALKOWIAK P., VIGNERON J.P., MOURABEAU C., LEGUAY G.

Instruction aéromédicale des personnels navigants de l'armée de l'air.

Médecine Aéronautique et Spatiale, 1991, 30, 120, pp.397-400.

77 WOODS S., CHARNEY D., GOODMAN W., HENINGER G.

Behavioral, physiologic, and biochemical effects of carbon dioxide patients with panic disorders and healthy subjects

Gen Psychiatry, 1988, 45, pp.43-51.

78 ZAWADZKA-BARTCZAK E., KOPKA L.

Tilt-table testing as a predictor of + GZ tolerance

Indian Journal of Medical Sciences, 2005, 59, pp. 471-479.

---

## RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Les malaises en vol (MEV) définis comme la prise de conscience par le personnel navigant d'un état pénible altérant ses moyens de perception et de réaction, mettent en jeu la sécurité aérienne. Ce travail consiste en une étude rétrospective sur 65 membres du personnel navigant militaire français victimes de malaise en vol et hospitalisés pour expertise dans l'unique service de médecine aéronautique de l'HIA PERCY à Clamart entre 1996 et 2011. L'objectif est de faire une mise au point sur les malaises en vol et secondairement de comparer nos données à la dernière étude de même type réalisée sur la période 1977-1990. Si les MEV concernent tout PN, les jeunes les moins expérimentés sont ceux qui présentent le plus de risque : 75 % de notre population ayant moins de 30 ans. Les MEV constituent des événements d'origine volontiers pluri-factoriels, les facteurs psychologiques (36%) et fonctionnels (29%) étant majoritairement représentés. Une répercussion sur l'aptitude professionnelle en termes d'inaptitude ou réorientation est notée dans 60 % des cas. On note une diminution de moitié des hospitalisations pour malaise en vol entre les deux périodes, et une diminution significative de la proportion des pilotes de chasse, faisant s'interroger sur la réalité d'une évolution favorable de l'incidence des MEV et de leur prise en charge dans les unités navigantes.

---

## TITRE EN ANGLAIS

In-flight malaise in the French military aircrew: a retrospective study of 65 aviators hospitalized in the Department of Aviation Medicine of Percy Military Hospital from 1996 to 2011

---

## THÈSE : MÉDECINE GÉNÉRALE – ANNÉE 2013

---

## MOTS CLEFS :

Malaise en vol – Incapacité en vol – Incapacité subtile en vol – Personnel navigant militaire – Sécurité aérienne

---

## INTITULÉ ET ADRESSE :

**UNIVERSITÉ DE LORRAINE**  
**Faculté de Médecine de Nancy**  
9, avenue de la Forêt de Haye  
54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex

---

VU

NANCY, le **5 septembre 2013**

Le Président de Thèse

NANCY, le **5 septembre 2013**

Le Doyen de la Faculté de Médecine

**Professeur G. KARCHER**

**Professeur H. COUDANE**

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE N°6564

NANCY, le 13/09/2013

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE

**Professeur P. MUTZENHARDT**