



ROYAUME DU MAROC  
*Université Mohammed V - Rabat*  
*Faculté de Médecine et de Pharmacie*



RABAT

Année 2021

N009/2021

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du Diplôme National de Spécialité de  
**Médecine Aéronautique**

# RACHIS ET APTITUDE AERONAUTIQUE

Présenté par :

**Dr. Fahd BENNANI SMIRES**

Encadré par :

**Pr. Mohamed CHEMSI**

Juin 2021



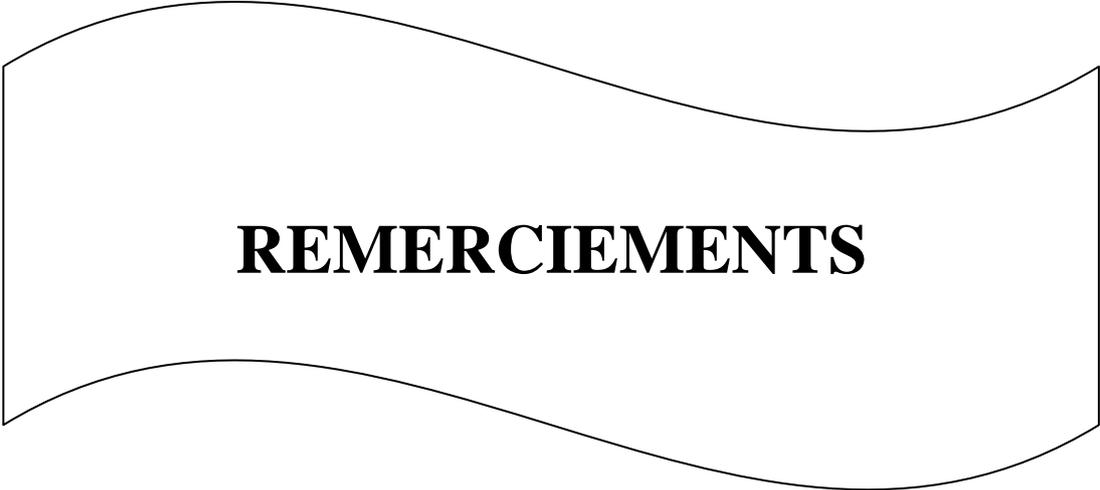
# **DEDICACES**

**Monsieur le Médecin Général de Brigade  
Mohammed ABBAR Professeur d'urologie.  
Inspecteur du Service de Santé des Forces Armées  
Royales. En témoignage de notre grand respect, Et  
notre profonde considération**

**Monsieur le Médecin Général de Brigade EL Mehdi  
ZBIR Professeur de Cardiologie. Médecin chef de  
l'HMIMV – Rabat En témoignant de notre grand  
respect et notre profonde considération**

**A mes très chers parents**

**Tous les mots ne sauraient exprimer le grand amour  
et respect que je porte pour vous, vos  
encouragements m'ont aidé à persévérer dans ce  
cursus exigeant de médecine, Je vous rends hommage  
par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance  
éternelle et de mon infini amour.**



**REMERCIEMENTS**

## **A mon directeur de mémoire**

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à  
mon directeur de mémoire,*

*Pr. Mohamed CHEMSI*

*Je le remercie pour l'encadrement,  
l'orientation, la patience et la confiance qui m'ont  
aidé à élaborer ce travail*

*Que mes maitres, que j'ai eu la chance de  
côtoyer dans l'exigent et bénéfique  
apprentissage de la spécialité de Médecine  
Aéronautique croient à l'expression de ma  
profonde estime, de ma haute considération  
et à ma sincère reconnaissance*

**A mes collègues du Centre d'expertise médicale du  
personnel navigant**

**Pr Houda ECHCHAACHOU**

**Dr Meryem ZERRIK**

**Dr Mouna El GHAZI**

**Dr Zakaria ILLOUGHMANE**

**Je vous remercie pour vos encouragements et pour  
votre bienveillance qui m'ont été d'une grande aide  
pour l'élaboration de ce travail.**

## TABLE DES MATIERES

I/ Introduction :.....	12
II/ Exploration clinique du rachis :.....	14
III/ Pathologies rachidiennes rencontrées en médecine aéronautique :.....	17
1- En admission : .....	17
a-Anomalies dans le plan frontal : .....	17
b- Anomalies dans le plan sagittal : hypercyphoses, hyperlordoses : .....	18
c-Séquelles de la maladie de Scheurmann.....	18
d-Anomalies transitionnelles : .....	19
e-Lyse isthmique et Spondylolisthésis : .....	19
2- En révisionnel : .....	19
IV/Effets des contraintes aéronautiques sur le rachis :.....	21
1-Accélération :.....	21
a-Rappels physiques : .....	21
b-Effets des accélérations sur le rachis : .....	23
2-Vibrations : .....	24
a-Rappels physiques : .....	24
b-Effets des vibrations sur le rachis : .....	26
3-Traumatismes du rachis en pratique aéronautique :.....	27
a-Lors de l'éjection :.....	27

b-Au décours d'un accident de pompage piloté : .....	28
V/Techniques d'imagerie des traumatismes du rachis : Applications en médecine aéronautique : .....	29
VI/ La décision d'aptitude rachidienne pour les personnels navigants marocains : .....	31
1-Types de visite d'aptitude : .....	31
a-Visite d'admission : .....	31
b-Visite révisionnelle : .....	31
2- Fonction aéronautique : .....	32
3-Conséquences sur l'aptitude des principales pathologies rachidiennes critiques : .....	33
a-Scoliose dorso-lombaire : .....	33
b-Hypercyphose : .....	33
c-Séquelles de la maladie de Scheurmann : .....	34
d-Spondylolisthésis : .....	34
4-Normes d'aptitude marocaines : .....	35
VII/ Conclusion : .....	37
Références : .....	38
RESUMES .....	42

## I/ Introduction :

Le rachis intéresse particulièrement le milieu aéronautique, car depuis l'avènement des aéronefs au début du vingtième siècle, il est soumis à des contraintes aéronautiques, aussi bien en conditions normales : soit touchant le rachis lombaire, comme par exemple, la viciosité de la position lors de d'un vol de longue durée, le manche entre les jambes d'un pilote d'hélicoptère qui va entraîner une posture asymétrique, les vibrations solidiennes engendrées par les différents vecteurs aériens, les turbulences occasionnées par les vols de basse altitude, soit touchant la colonne vertébrale cervicale, par le biais des jumelles de vision nocturnes et les casques équipant la tête des pilotes de combat, ou bien par le biais de l'un des moyens de protection contre les accélérations type linéaires +Gz (Inclinaison du siège de 30° en avions de chasse), qu'en conditions dégradées du vol, et qui surviennent dans des circonstances variées, comme à titre d'exemple : l'éjection des pilotes d'avions de combat, les accidents d'hélicoptères, crash, incidents de pompage piloté, parachutisme et qui peuvent être cause de traumatismes rachidiens dont le risque majeur voire vital est la lésion médullaire, et l'instabilité rachidienne.

Le développement des technologies aéronautiques et des aéronefs, en termes d'accélérations, de vitesses supersoniques, et de montées

très rapides en accélérations, constituent de véritables facteurs d'agression pour le pilote (1).

Des problèmes d'aptitude aéronautique du personnel navigant ont comme cause des affections du rachis : toute affection significative du rachis entraîne l'inaptitude (2).

Toutes ces causes sus citées, expliquent le rôle capital que joue le rachis et les pathologies de la colonne vertébrale dans le domaine de l'expertise médicale aéronautique, donc à travers ce mémoire, on a essayer de mettre en exergue l'exploration clinique du rachis, les principales pathologies rachidiennes en milieu aéronautique que ca soit en admission ou en révisionnel, les effets des contraintes et nuisances aéronautiques sur le rachis, les techniques d'imagerie des traumatismes du rachis, et enfin les normes d'aptitude rachidienne pour les personnels navigants marocains.

## **II/ Exploration clinique du rachis :**

L'exploration clinique du rachis est une étape indispensable à la démarche d'aptitude aéronautique pour le médecin expert, et trouve tout son intérêt surtout en admission, car elle permet d'éliminer les pathologies qui pourraient constituer un risque pour la sécurité des vols ou qui pourraient impacter la sécurité aérienne, et vu la pauvreté de l'anamnèse, il faut pratiquer un examen clinique minutieux et structuré, sur un sujet déshabillé et pieds nus.

Tout d'abord, par le biais de l'inspection, il faut rechercher d'éventuelles cicatrices de chirurgie rachidienne ou de plaies, surtout au niveau lombaire en rapport avec une hernie discale L5-S1, ensuite une appréciation de la tonicité et de la trophicité des muscles para vertébraux lombaires et des muscles abdominaux s'avère nécessaire, avant d'évaluer le morphotype du candidat pilote, notamment une maigreur ou à l'opposé une obésité (3).

La deuxième étape consiste en un examen statique de la colonne vertébrale, le sujet étant en position debout, les bras au long du corps, tout d'abord de profil, on apprécie les trois courbures physiologiques du rachis, à savoir, la lordose cervicale, la cyphose dorsale, et la lordose lombaire, pour essayer de déceler toute accentuation ou inversion de l'une des trois courbures.

Ensuite, de face, trois éléments vont être vérifiés : à savoir :

- ✓ L'alignement des épines iliaques antéro-supérieures et des épines iliaques postérieures, verticalité du sillon inter fessier, témoignant de l'équilibre du bassin de face et de dos.
- ✓ La symétrie des épaules, et l'assurance qu'ils sont situés à la même hauteur.
- ✓ Evaluation du rachis de dos selon différentes positions (debout, assise, ante flexion), pour rechercher :
  - Une attitude scoliotique, et qui est définie comme une déformation non permanente du rachis dans le plan frontal, visible à la position debout, disparaissant à l'ante flexion, à courbure non fixée, sans rotation vertébrale, et qui peut être d'origine : posturale, antalgique, ou due à une ankylose de la hanche ou inégalité des membres inférieurs avec bascule du bassin.
  - Une rectitude du rachis avec verticalité de l'alignement des épineuses.
  - Une scoliose dorso lombaire : qui est une déformation progressive du rachis dans les trois plans, touchant la totalité du rachis et juste une partie, dans le plan frontal, entraînant une torsion du rachis et un thorax déformé, à

courbure fixée, avec une rotation Vertébrale entraînant une gibbosité et un déséquilibre sagittal du tronc (4).

La troisième étape à laquelle on va procéder, est l'exploration dynamique du rachis, passivement ou activement, on peut évaluer les amplitudes globales, selon trois plans d'études : sagittal, frontal, et rotation (3) :

- ✓ Appréciation des distances menton-sternum, mains-sol.
- ✓ Examen de la mobilité lombaire, montrant le comportement du sujet avec son dos : Etant penché en avant, en arrière, et sur les cotés, on recherche des anomalies de flexion, extension, ou de latéroflexion, au même temps il y aura une recherche de spondylolisthésis, ou attitude antalgique ou scoliotique associée (5).
- ✓ Test doigt-sol : permet l'évaluation de la souplesse du rachis et du complexe lombo-pelvi-fémoral, et qui implique deux paramètres, l'indice de Schober, et la flexion antérieure (6).
- ✓ Distance menton-acromion pour évaluer la charnière cervico-occipitale.
- ✓ Et enfin pour apprécier l'inclinaison latérale cervicale, il faut mesurer la distance tragus-acromion.

### **III/ Pathologies rachidiennes rencontrées en médecine aéronautique :**

Les anomalies du rachis rencontrées et décelées en médecine aéronautique diffèrent selon le contexte d'expertise, ce qui implique la réalisation d'une évaluation clinico-radiologique fine, avant de donner une décision d'aptitude médicale aéronautique, et qui retentirait bien entendu sur la sécurité aérienne et la sécurité de vol.

Il faut savoir que plusieurs anomalies peuvent toucher la colonne vertébrale. En pratique aéronautique, on est beaucoup plus confronté aux troubles de la croissance, anomalies congénitales lors des visites d'admission, alors que lors de l'expertise révisionnelle en cours de carrière, l'expert découvrira des lésions séquellaires ou acquises, donc la découverte d'une pathologie rachidienne en révisionnel se fait généralement au décours d'un traumatisme ou devant une symptomatologie fonctionnelle évoquée par le personnel navigant (2).

#### **1- EN ADMISSION :**

##### **a-Anomalies dans le plan frontal :**

- Attitude scoliotique : qui est définie comme une déformation non permanente du rachis dans le plan frontal, visible à la position debout, disparaissant à l'ante flexion, à courbure non fixée, sans

rotation vertébrale, et qui peut être d'origine : posturale, antalgique, ou due à une ankylose de la hanche ou inégalité des membres inférieurs avec bascule du bassin.

- Scoliose dorsolombaire essentielle: qui est une déformation progressive du rachis dans les trois plans , touchant la totalité du rachis et juste une partie, dans le plan frontal, entraînant une torsion du rachis et un thorax déformé, à courbure fixée, avec une rotation vertébrale entraînant une gibbosité et un déséquilibre sagittal du tronc (4).

#### b- Anomalies dans le plan sagittal : hypercyphoses, hyperlordoses :

Elles sont définies par une accentuation des courbures physiologiques du rachis.

Les lombalgies sont le risque majeur des hyperlordoses lombaires surtout chez les pilotes d'hélicoptères, alors que les hypercyphoses peuvent conduire à des traumatismes vertébraux en particulier lors de l'éjection (2).

#### c-Séquelles de la maladie de Scheurmann

C'est une épiphysose de croissance, appelée aussi ostéochondrite vertébrale juvénile, c'est une dystrophie rachidienne de croissance, avec prédilection pour le rachis lombaire et thoracique, marquée par

une perturbation du développement des plateaux vertébraux cartilagineux survenant le plus souvent à l'adolescence, entraînant des douleurs mécaniques, des troubles statiques comme la cyphose et la scoliose thoraco- lombaire et conduisant aux lésions radiologiques spécifiques de la maladie : la cunéiformisation d'au moins trois vertèbres , aspect feuilleté irrégulier des plateaux vertébraux et des hernies intra spongieuse ou rétro marginales antérieures (7).

#### d-Anomalies transitionnelles :

Dont les chefs de file sont la sacralisation de L5 et la lombalisation de S1, ces anomalies peuvent être symétriques ou asymétriques. L'asymétrie des anomalies favorise l'arthrose sus jacente précoce, surtout quand la vertèbre charnière est désencastrée (2).

#### e-Lyse isthmique et Spondylolisthésis :

La lyse isthmique est une solution de continuité de l'arc vertébral au niveau de l'isthme, pouvant se compliquer d'un spondylolisthésis qui est un déplacement antérieur permanent d'un segment vertébral, le plus fréquemment L5, et que rarement L4. D'autres étiologies du spondylolisthésis sont possible, notamment tumorales, chirurgicales ou dégénératives. (8).

## **2- EN REVISIONNEL :**

La découverte d'une pathologie rachidienne en révisioennel se fait au décours de quatre points essentiels : premièrement au décours de

séquelles de fractures pouvant être stables, ne compromettant pas stabilité de la colonne vertébrale, et qui peuvent conduire dans le cas échéant et après évaluation par centrifugeuse à une récupération d'aptitude, et pouvant être instables engendrant une inaptitude définitive du fait du danger médullaire qu'elles peuvent induire. Le deuxième point intéresse les arthroses vertébrales, dont seule l'arthrose cervicale peut être une conséquence de l'activité aéronautique, surtout chez les pilotes de chasse qui ont des équipements de tête assez lourds comme le casque, et les jumelles de vision nocturne, et qui peut se manifester par des douleurs cervicales, torticolis, raideurs, névralgies cervicobrachiales, et parfois des syncopes. Les vibrations des hélicoptères, surtout de basse fréquence entre 2 et 20 Hz, peuvent entraîner chez les pilotes d'hélicoptères des arthroses lombaires, qui se manifestent par des douleurs lombaires D12-L1, allant d'une simple gêne disparaissant à la fin du vol jusqu'à une invalidité permanente pouvant induire une inaptitude définitive.

La troisième cause de pathologie rachidienne en réversionnel est représentée par la spondyloarthropathie ankylosante qui fait partie des spondyloarthropathies caractérisées par une inflammation des entèses axiales ou périphériques, l'atteinte des sacro-iliaques et du

rachis sont les plus caractéristiques et qui constituent l'atteinte axiale, l'atteinte des articulations des clavicules et interphalangiennes distales peuvent compléter la symptomatologie, c'est une maladie évolutive avec des manifestations extra rachidiennes (cardite, fibrose bulleuse, uvéite) et qui retentit sur l'aptitude par sa mise en jeu de la sécurité aérienne et des vols (9).

Quatrième et dernier motif de la pathologie rachidienne acquise, est l'hernie discale et ses séquelles, et qui retentit sur la décision d'aptitude aéronautique de part ses symptômes et les complications des traitements proposés (2).

#### **IV/ Effets des contraintes et nuisances aéronautiques sur le rachis :**

L'étude des nuisances des facteurs de risque en pratique aéronautique a permis de mettre en évidence trois éléments essentiels :

##### **1-Accélération :**

###### **a-Rappels physiques :**

L'accélération, est la dérivée vectorielle de la vitesse par rapport au temps, c'est toute modification d'au moins une des caractéristiques du vecteur de la vitesse, à savoir sa direction, son module, ou son axe, il en résulte une résistance de la masse matérielle au déplacement qu'on appelle forces d'inertie, qui ont le même axe que l'accélération

mais de direction opposée. L'homme est insensible à la vitesse tant qu'elle est constante, par contre il est sensible aux forces d'inertie dues à la variation de la vitesse et aux accélérations. En aéronautique, les accélérations les plus intenses sont celles rencontrées lorsqu'il y a la variation de l'axe du vecteur de la vitesse.

Selon la durée d'application, on identifie les accélérations de courte durée dont la durée d'application ne dépasse pas une seconde, et les accélérations de longue est plus de cinq secondes, et il y a aussi les accélérations soutenues de haute intensité dont la durée est supérieure à quinz secondes avec une forte intensité dépassant sept G. On peut classer les accélérations aussi selon l'axe d'application, selon l'axe OX, l'axe antéropostérieur du corps, selon l'axe OZ, le grand axe du corps, l'axe longitudinal, vertébral, vertical, rachidien, celui des gros vaisseaux sanguins, dans ce cas l'accélération est dite positive lorsque les accélérations s'exercent dans le sens siège tête, ce qui en résulte des forces d'inertie dans le sens contraire de haut vers le bas, et le dernier axe est l'axe latéral du corps, l'accélération est dite positive selon cet axe quand elle s'applique de la gauche vers la droite, ce qui dit que les forces d'inertie s'appliquent de droite vers la gauche.

Les accélérations sont catégorisées selon le type, type linéaires, désignés par la lettre G, caractérisées par la variation isolée du vecteur de la vitesse sans variation de la direction, rencontrées lors du décollage atterrissage des avions ou lors des éjections, type radiale, ou il y a juste une variation de la direction du vecteur de la vitesse sans variation du module du vecteur de la vitesse, et le dernier type, ce sont les accélérations de type angulaire, dans lesquelles il y a un changement aussi bien du module du vecteur de la vitesse que sa direction, c'est la variation de la vitesse de rotation, désignée par la lettre R (10).

#### b-Effets des accélérations sur le rachis :

✓ Horizontales,  $+G_x$ ,  $-G_x$  :

Observées chez les pilotes de chasse, et ne peuvent entraîner d'effets que lorsque la variation de la vitesse est trop importante, intéressent particulièrement les parties mobiles du rachis notamment le rachis cervical, malgré la présence de l'harnais, rencontrées lors d'un crash ou barrière d'arrêt.

✓ Latérales,  $+G_y$ ,  $-G_y$  :

Elles ont peu de nuisances pour la colonne vertébrale, spécifiques des manœuvres des avions de chasse en combat proprement dit : virages serrés pour esquiver l'ennemi, ou la prise dans la ligne de tir.

✓ Accélérations angulaires ou rotatives :

Plusieurs entités anatomiques du rachis sont touchées par ce genre d'accélération, notamment le ligament postérieur vertébral, ligaments inter et sus épineux, ceux des articulations postérieures, et le ligament antérieur vertébral, donc on peut conclure qu'elles agissent sur le rachis cervical qui est mobile, et les ligaments sus cités qui sont passifs, ce genre des accélérations sont spécifiques de la voltige aérienne.

✓ Longitudinales, +Gz, -Gz :

Ce sont les accélérations les plus rencontrées en aéronautique, et qui accompagnent les manœuvres des avions appliquées selon le grand axe du corps, comme par exemple, lors des éjections, chute verticale d'hélicoptères, ou lors des turbulences aériennes, elles peuvent engendrer des hernies discales, fractures tassement des corps vertébraux, et dans de rare cas, création d'hernie intra spongieuse (1).

## **2-Vibrations :**

### **a-Rappels physiques :**

La vibration est une série de déplacement d'un point matériel de part et d'autre sa position d'équilibre transmise au corps humain par l'intermédiaire d'un solide, qui peuvent rectilignes ou en rotatives,

libres, caricaturisées par l'oscillation d'un pendule une fois écarté de sa position d'équilibre, ou forcées ce veut dire provoquées et entretenues par une force extérieure. Les vibrations sont classées en vibrations sinusoïdales, périodiques, transitoires ou aléatoires, leurs effets dépendent de leurs caractéristiques physiques, à savoir leur applications, c'est-à-dire comment elles sont transmises à l'homme, au corps entier, à travers le bassin d'un sujet assis, à travers les membres inférieurs d'un pilote debout, ou à une partie simple du corps. Les vibrations et selon leurs effets sur l'organisme sont divisées en très basse fréquence (moins de deux Hz), basse fréquence (deux – vingt Hz), haute fréquence (vingt-mille Hz), et très haute fréquence (plus de mille Hz). Pour comprendre les effets des vibrations, il faut connaître la particularité du corps humain qui est un système visco-élastique, caractérisé par la fréquence propre du système, qui est la fréquence de l'oscillation sinusoïdale libre qu'aurait ce système non amorti, après avoir subi une impulsion, si la fréquence de l'impulsion, est égale à la fréquence propre du système, il y'aura un phénomène de résonance et d'amplification, et si elle est au dessus ou au dessous de la fréquence propre du système, l'amortissement est la règle (11).

## b-Effets des vibrations sur le rachis :

Les vibrations sont engendrées par les véhicules aériens tels que les hélicoptères, et liés à la présence de rotors, réacteurs, et des moteurs, ce sont des vibrations de direction  $-G_z$ ,  $+G_z$ , avec une basse fréquence comprise entre deux et vingt Hz, et particulièrement intenses dans les zones de turbulences (1). Les pilotes d'hélicoptères sont les plus exposés aux vibrations de basse fréquence, qui sont à l'origine de douleurs rachidiennes localisées D12-L1, ou L5-S1, d'intensité variable, allant d'une simple gêne jusqu'à une douleur syncopale avec invalidité pouvant induire une inaptitude formelle. Donc une prévention s'impose pour limiter les effets des vibrations surtout chez les pilotes d'hélicoptères, soit individuelle, par une sélection à l'admission, une surveillance lors des visites périodiques, respect des normes qui limitent le nombre d'heures de vol consécutives même si difficiles à respecter vu les contraintes professionnelles, renforcement des muscles para vertébraux, et une kinésithérapie préventive spécifique, soit par des mesures au lieu du travail et qui définissent les moyens de prophylaxie collectifs, par le

biais de systèmes de filtrage vibratoire ou par le réglage antéro postérieur et vertical pour améliorer la posture qui est un élément déterminant dans la tolérance aux vibrations (11).

### **3-Traumatismes du rachis en pratique aéronautique :**

C'est dans des circonstances variées qu'on rencontre ces traumatismes :

#### **a- Lors de l'éjection :**

L'éjection est une évacuation de bord propulsée, par utilisation d'un siège éjectable, devant permettre au pilote de sortir de l'aéronef dans toutes les configurations de vol et qui doit lui fournir les moyens de survie.

C'est une accélération +Gz de courte durée d'action, ça veut dire que c'est une variation isolée du module du vecteur de la vitesse sans variation de la direction du vecteur de la vitesse, appliquée selon le grand axe du corps dans le sens siège tête, avec une durée d'application inférieure à une seconde (12).

L'éjection peut être décrite à travers plusieurs risques spécifiques liés aux phases successives de l'éjection proprement dite.

Le risque de traumatismes rachidiens au cours de l'éjection, est en rapport avec la propulsion, la sortie de l'habitacle, le franchissement de la verrière, la mise en rotation complexe autour des trois axes de

l'ensemble siège pilote lors du vol avant stabilisation, et la prise de contact avec la surface liquidienne ou terrestre (13).

Le rachis dorsolombaire semble la localisation privilégiée des traumatismes à l'éjection proprement dite, et le rachis cervical paraît le point faible lors de l'ouverture du parachute.

#### **b- Au décours d'un accident de pompage piloté :**

C'est un mouvement oscillatoire incontrôlé d'un avion, rare, résultant d'un déphasage critique entre la commande du pilote et la réponse de l'avion, résultant d'une vibration violente, de très grande amplitude, avec une fréquence de moins de deux Hz. Ce déphasage, voir l'opposition complète de phase avec la vibration d'origine va entraîner un phénomène d'amplification et un phénomène de résonance des vertèbres les unes sur les autres, ce qui aura comme résultat : fracture cunéiforme des corps vertébraux, fractures tassements de vertèbres, ou des fractures des plateaux vertébraux (11).

## **V/ TECHNIQUE D IMAGERIE DES TRAUMATISMES DU RACHIS : APPLICATIONS EN MEDECINE AERONAUTIQUE :**

L'imagerie du rachis tient une place importante en médecine aéronautique, car elle permet d'une part d'établir le bilan lésionnel au décours d'un traumatisme, et d'autre part faciliter la décision d'aptitude en évaluant les séquelles après la guérison.

Les lésions médullaires qui sont le risque majeur voir vital d'un traumatisme rachidien, ne peuvent être explorées par les techniques d'imagerie conventionnelles, comme les clichés standards, elles ne sont mises en évidence que par l'imagerie moderne, représentée par le scanner et l'imagerie par résonance magnétique, en plus ces nouvelles techniques permettent l'appréciation pronostic et le choix des options thérapeutiques.

Deux situations sont distinguées en expertise aéronautique :

La première : est le bilan lésionnel après un traumatisme du rachis, les techniques d'imagerie doivent rechercher des stigmates de fractures instables : compressions médullaires, hématomes, hernies discales post traumatiques, par TDM, et par IRM un œdème médullaire ou hématomyélie révélant des lésions médullaires intrinsèques, ou hématomes épiduraux, signes d'atteinte médullaire extrinsèque, ce qui permettra un choix thérapeutique adéquat.

La deuxième situation : en expertise révisionnelle, en aval de la guérison et après cicatrisation, elle permet d'évaluer les séquelles, et ensuite orienter la décision d'aptitude en prenant en considération les piliers de la médecine aéronautique : les facteurs aéronautiques et les contraintes aéronautiques ne doivent pas aggraver l'état physique des personnels navigants, et en même temps, l'état physique ne doit pas impacter, menacer, et impacter la sécurité de vols par des incapacités subites en vol, ca veut dire une perte complète des capacités de pilotage, ou une incapacité subtile en vol définie par une diminution des capacités opérationnelles, et dans ce contexte représentés par les troubles de la statique rachidienne, syndromes douloureux persistants, ou des séquelles vertébrales (14).

## **VI/ La décision d'aptitude rachidienne pour les personnels navigants marocains:**

Un certain nombre d'éléments vont intervenir dans la décision d'aptitude médicale, devant une pathologie rachidienne chez un personnel navigant : tout d'abord, le type de visite d'aptitude, puis la pathologie en cause, ensuite la fonction aéronautique, et en dernier lieu, le traitement proposé et sa compatibilité avec sécurité aérienne.

### **1-Type de visite d'aptitude :**

#### **a-Visite d'admission :**

Le plus souvent il s'agit d'un sujet jeune, sans antécédents pathologiques notables, bien portant. La démarche du médecin expert doit être minutieuse et stricte, car il y'a un triple enjeu, il faut tout d'abord vérifier que l'état de santé du candidat ne pourrait pas impacter la sécurité des vols par une incapacité subite ou subtile en vol, ensuite s'assurer que l'environnement et les facteurs aéronautiques ne soient pas néfastes sur la santé du candidat, et dernier lieu être sûr qu'il peut assurer dans l'avenir ses fonctions de pilotage aussi bien dans les conditions normales que dégradées du vol.

#### **b-Visite révisionnelle :**

C'est un contexte différent, la découverte d'une pathologie rachidienne chez un personnel navigant en cours de carrière, soit à la

suite d'un traumatisme (Accident de la voie publique, Crash, Ejection), soit au décours d'une symptomatologie fonctionnelle évoquée par le personnel navigant lui-même (2).

## **2- Fonction aéronautique :**

Chaque spécialité aéronautique, a ses particularités et ses facteurs favorisants telle ou telle pathologie rachidienne, ce qui a pu établir la notion du « Segment rachidien critique » en fonction des différents postes de travail. Ainsi, le segment rachidien critique pour un pilote de chasse est le rachis cervical et ceci est dû à plusieurs raisons, notamment, la sollicitation permanente du rachis cervical pour surveiller l'espace aérien entourant, et pour regarder les indicateurs de contrôle de l'avion, autre raison la lourdeur des équipements de la tête du pilote de combat ( Jumelles de vision nocturne, casque) et dont le poids s'amplifie lors des accélérations. Concernant le pilote d'hélicoptère, son segment rachidien critique est le rachis lombaire, car déjà leur posture de travail est dissymétrique du fait de la présence du manche entre les jambes et des palonniers, il ne faut pas oublier le manque d'ergonomie au sein du poste de pilotage d'un hélicoptère, enfin il faut souligner le rôle capital des vibrations engendrées par les hélicoptères dans la physiopathologie des lombalgies et des atteintes du rachis lombaire.

N'étant pas confronté à des contraintes spécifiques, le pilote de transport ne possède pas de segment rachidien critique (1).

### **3-Conséquences sur l'aptitude des principales pathologies rachidiennes critiques :**

#### **a-Scoliose dorsolombaire :**

L'aptitude est fonction de l'angle de Lipman-cobb :

- Angle de Lipman-cobb moins de quinze degrés : aptitude toute spécialité.
- Angle de Lipman-cobb compris entre seize et vingt quatre degrés : inaptitude pour la chasse, aptitude pour pilote d'hélicoptères et transport, car risque d'éjection (si bonne musculature, absence de symptomatologie fonctionnelle)
- Angle de Lipman-cobb supérieur à vingt-cinq degrés : inapte pour toute spécialité.

#### **b-Hypercyphose :**

Mesurée par l'angle formé par les tangentes des plateaux supérieurs D4, et inférieurs D11

L'aptitude est fonction de l'angle

- Angle supérieur à cinquante degrés : aptitude pour toute spécialité.

- Angle supérieur à cinquante degrés : inapte pour toute spécialité.
- Angle supérieur à trente cinq degrés, il faut rechercher une étiologie notamment une épiphysose.

#### c-Séquelles de la maladie de Scheurmann :

L'aptitude est fonction du degré :

- Degré faible : aspect feuilleté des plateaux, Hernies rétro marginales, morphologie générale conservée : aptitude pour toute spécialité.
- Degré fort : tassement multiple avec élargissement antéro postérieur avec des troubles de la statique : inapte pour toute spécialité.
- Degré moyen: selon l'étendue du trouble statique et la gravité :au niveau dorsal : inapte chasse, au niveau lombaire : inapte hélicoptère.

#### d-Spondylolisthesis :

L'aptitude est fonction du glissement :

- Glissement < 1cm (1er degré): inapte Hélicoptère.
- Glissement > 1cm (2 ème degré): inapte tout emploi personnel navigant (2).

#### **4-Normes d'aptitude marocaines :**

La décision d'aptitude médicale concernant les pathologies rachidiennes, à l'admission et à la visite révisionnelle, est basée au Maroc, sur les normes médicales réglementaires régies :

- Pour les militaires : par la Note de service numéro 433/Etat major général/ Inspection du service de santé/2 du 15/11/1993.
- Pour les civils : par l'Arrêté ministériel 1209/09 du 13/05/2009.

Ces textes réglementaires stipulent que l'intégrité anatomique et fonctionnelle est exigée à tout emploi personnel navigant, que toute affection significative du rachis entraîne l'inaptitude, et qu'une bonne constitution physique est nécessaire avant d'intégrer les métiers de l'aéronautique.

Parmi les objectifs de l'expertise aéronautique médicale : s'assurer de :

- ✓ l'absence de perte ou diminution des capacités de pilotage
- ✓ la capacité du candidat à assurer ses fonctions aussi bien dans les conditions normales que dégradées du vol.
- ✓ Contraintes aéronautiques ne sont pas néfastes pour l'état de santé des pilotes.

En admission, chez les militaires, les normes sont plus strictes que les civils, vu qu'ils sont confrontés à plus de contraintes aéronautiques, ainsi un holorachis est demandé systématiquement, chose qu'on ne fait pas chez les civils. De plus une norme est établie chez les personnels navigants militaires, H pour pilote d'hélicoptère, A pour pilote de chasse, B pour pilote de transport (15,16).

## **VII/ CONCLUSION :**

Pour certaines fonctions aéronautiques, le rachis de l'homme est hautement sollicité, ce qui a fait naître la notion de segment rachidien critique.

Le progrès de la technologie aéronautique oblige à une adaptation entre la tolérance physiologique de l'humain et les machines (1). Le rôle du médecin expert est de confronter les notions de l'anamnèse, l'examen clinique minutieux, et les données de l'imagerie, son expérience professionnelle doit concilier entre la sécurité aérienne, et le respect de l'état de santé du personnel navigant avant de donner la décision d'aptitude médicale aéronautique (2). La prévention est primordiale, doit conjuguer des mesures d'hygiène de vie, de stabilisation de l'indice de masse corporelle, et une bonne musculature para vertébrale.

## REFERENCES :

- 1- FLAGEAT. Effets des nuisances aéronautiques sur le rachis : notion de segment rachidien critique. Institut de Médecine Aérospatiale du Service de Santé des Armées ; 1994.
- 2- FLAGEAT. Les normes d'aptitude rachidiennes pour le personnel navigant. Institut de médecine Aérospatiale du Service de Santé des Armées ; 1994.
- 3- *Pierre STAGNARA, Jean-Claude de MAUROY*. Extrait de la revue Kinésithérapie Scientifique n° 157 avril 1978 p 77 : *Exposé réalisé dans le cadre des Journées Nationales de l'I.N.K.*
- 4- N Khouri, R Vialle, P Mary, C Marty. Scoliose idiopathique. Stratégie diagnostique, physiopathologie et analyse de la déformation. Annales de rhumatologie, Editions Elsevier, Volume 1, Issue 1, January 2004, Pages 17-44.
- 5- Maigne, J.-Y. (2011). *Examen clinique du rachis lombaire. Rachis et Sports*, 13–23. doi:10.1016/b978-2-294-71588-4.00002-5

- 6- Pierre-Louis DUSENNE. Recherche de corrélations entre la flexion de hanche, l'indice de Schober lors du test doigt-sol. Ann. Kinésithér., 1990, t. 17, n° 1-2, pp. 11-14 © Masson, Paris, 1990.
  
- 7- C Palazzo, F Sailhan, M Revel. Maladie de Scheuermann- Revue du Rhumatisme Monographies, 2014 - Elsevier Volume 81, Issue 1, February 2014, Pages 7-15.
  
- 8- JM Vital, M Pedram. Spondylolisthésis par lyse isthmique. - EMC-Rhumatologie-Orthopédie, 2005 – Elsevier. Volume 2, Issue 2, March 2005, Pages 125-150.
  
- 9- J Sibia, T Pham, C Sordet, B Jaulhac, P Claudepierre. Spondylarthrite ankylosante et autres spondylarthropathies - EMC-Médecine, 2005 – Elsevier. Volume 2, Issue 5, October 2005, Pages 488-511.
  
- 10- PERRIER E, CARLIOZ R, DEROCHE J, QUINIOU G, BURLATON J. Physiologie cardiovasculaire aéronautique. Encycl Méd Chir ; 2003.

- 11- Marotte H. Physiologie aéronautique. Comportement de l'organisme humain dans l'environnement aéronautique et spatial. Chapitre 15 : Vibrations mécaniques solidiennes. Lognes : Éditions SEES ; 2004. Pages 157-164.
- 12- Marotte H. Physiologie aéronautique. Comportement de l'organisme humain dans l'environnement aéronautique et spatial. Chapitre 13 : Les accélérations de courte durée. Lognes : Éditions SEES ; 2004. Pages 141-146.
- 13- Marotte H. Physiologie aéronautique. Comportement de l'organisme humain dans l'environnement aéronautique et spatial. Chapitre 14 : L'Ejection. Lognes : Éditions SEES ; 2004. Pages 147-156.
- 14- FLAGEAT. Techniques d'imagerie des traumatismes du rachis : Applications en médecine aéronautique. Institut de Médecine Aérospatiale du Service de Santé des Armées ; 1994.
- 15- Note de service N° 433/Etat major général/ Inspection du service de santé/2 du 15/11/1993.

16- Arrêté ministériel N° 1209-09 du 17 Joumada I 1430 du  
13/05/2009.

## RESUME

**Titre : Rachis et aptitude aéronautique**

**Auteur : Dr BENNANI SMIRES Fahd**

**Mots clés : Expertise médicale – Rachis – Contraintes aéronautiques - Normes d'aptitude**

Depuis l'avènement des aéronefs au début du vingtième siècle, le rachis des pilotes est soumis à des nuisances et à des contraintes aéronautiques multiples et différentes, qui dépendent du type de l'appareil et du poste du travail, allant des positions asymétriques et des vibrations auxquelles sont soumis les pilotes d'hélicoptères, jusqu'à l'éjection et la lourdeur des équipements de la tête des pilotes des avions de combat, ce qui explique le rôle cardinal que joue le rachis et son intégrité en expertise médicale aéronautique. Les pathologies rachidiennes rencontrées lors d'un traumatisme, ou au décours d'une symptomatologie fonctionnelle rapportée par les personnels navigants, retentissent sur les décisions d'aptitude médicale aéronautique. Dans ce contexte, et à travers ce mémoire, on a essayé de mettre le point sur l'exploration clinique du rachis, les principales pathologies rachidiennes en milieu aéronautique que ce soit en admission ou en révisionnel, les effets des contraintes et nuisances aéronautiques sur le rachis, les Techniques d'imagerie des traumatismes du rachis, et enfin les normes d'aptitude rachidiennes pour les personnels navigants marocains.

## **ABSTRACT**

**Title : Spine and aeronautical aptitude**

**Author :Dr BENNANI SMIRES Fahd**

**Keywords : Medical expertise - Spine - Aeronautical constraints - Fitness standards**

Since the advent of aircraft at the start of the twentieth century, pilots' spines have been subjected to multiple and different aeronautical nuisances and constraints, which depend on the type of aircraft and the workstation, ranging from asymmetric positions to vibrations to which helicopter pilots are subjected, up to the ejection and heaviness of the equipment of the heads of combat aircraft pilots, which explains the cardinal role played by the spine and its integrity in aeronautical medical expertise. Spinal pathologies encountered during a trauma, or in the course of a functional symptomatology reported by flight personnel, have an impact on decisions about medical fitness for aeronautics. In this context, and through this thesis, we tried to focus on the clinical exploration of the spine, the main spinal pathologies in the aeronautical environment whether in admission or in review, the effects of aeronautical constraints and nuisances on the spine, spinal trauma imaging techniques, and finally spinal fitness standards for Moroccan flight personnel.

## ملخص

عنوان: العمود الفقري والكفاءة الجوية

المؤلف: دكتور فهد بناتي سميرس

الكلمات المفتاحية: الخبرة الطبية - العمود الفقري - قيود الطيران - معايير الكفاءة

منذ ظهور الطائرات في بداية القرن العشرين ، تعرضت العمود الفقري للطيارين لمضايقات وقيود طيران متعددة ومختلفة ، والتي تعتمد على نوع الطائرة ومحطة العمل ، بدءاً من المواضيع غير المتكافئة إلى الاهتزازات التي يتعرض لها طيارو طائرات هليكوبتر. تعرض ، حتى قذف وثقل معدات رؤساء طياري الطائرات المقاتلة ، وهو ما يفسر الدور الكاردينال الذي يلعبه العمود الفقري وسلامته في الخبرة الطبية للطيران. إن أمراض العمود الفقري التي يتم مواجهتها أثناء الصدمة ، أو في سياق الأعراض الوظيفية التي أبلغ عنها موظفو الرحلة ، لها تأثير على القرارات المتعلقة باللياقة الطبية للملاحه الجوية. في هذا السياق ، ومن خلال هذه الرسالة ، حاولنا التركيز على الاستكشاف السريري للعمود الفقري ، وأمراض العمود الفقري الرئيسية في بيئة الطيران سواء في القبول أو في المراجعة ، وتأثيرات قيود الطيران والمضايقات على العمود الفقري. تقنيات تصوير إصابات العمود الفقري ، وأخيراً معايير لياقة العمود الفقري لطاقم الملاحه الجوية.