



**HAL**  
open science

# Cervicalgies chez les personnels navigants de l'aviation de chasse française. Étude observationnelle par questionnaire anonyme chez 311 personnels navigants

Fiona Raynaud

## ► To cite this version:

Fiona Raynaud. Cervicalgies chez les personnels navigants de l'aviation de chasse française. Étude observationnelle par questionnaire anonyme chez 311 personnels navigants. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01780555

**HAL Id: dumas-01780555**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01780555v1>**

Submitted on 27 Apr 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est 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 toute poursuite pénale.

*Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4*

*Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2-L 335.10*

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES  
Faculté de Médecine PARIS DESCARTES

Année 2016

N°293

THÈSE  
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT  
DE  
DOCTEUR EN MÉDECINE

Cervicalgies chez les personnels navigants de l'aviation de chasse  
française. Étude observationnelle par questionnaire  
anonyme chez 311 personnels navigants

Présentée et soutenue publiquement  
le 13 décembre 2016

Par

***Fiona RAYNAUD***

Née le 30 septembre 1988 à Cambrai (59)

Dirigée par M. Le Médecin en Chef Sébastien Coste,  
Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Jury :

M. Le Médecin Chef des Services Éric Perrier, MG ..... Président

Mme Le Médecin en Chef (TA) Nathalie Koulmann, Professeur agrégée du Val-de-Grâce

M. Le Médecin en Chef Renaud Dulou, MG

M. Le Professeur Alain Lorenzo, PU



Except where otherwise noted, this work is licensed under  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>6</b>
<b>RAPPEL ET GENERALITES.....</b>	<b>7</b>
<u>Chapitre I : Cervicalgies cliniques et rappel anatomique.....</u>	<u>8</u>
I.1 Les douleurs cervicales.....	8
<i>I.1.a Le torticolis.....</i>	<i>9</i>
<i>I.1.b L'hernie discale.....</i>	<i>9</i>
<i>I.1.c L'arthrose cervicale.....</i>	<i>10</i>
I.2 Rappel anatomique.....	11
<i>I.2.a Les muscles de la région antérieure du rachis cervical.....</i>	<i>11</i>
<i>I.2.b Les muscles de la nuque.....</i>	<i>12</i>
I.3 Connaissance actuelle sur les cervicalgies chez le personnel navigant de l'aviation de chasse.....	12
<i>I.3.a Facteurs de risque identifiés.....</i>	<i>13</i>
<i>I.3.b Facteurs de risque supposés.....</i>	<i>13</i>
<i>I.3.c Retentissement des cervicalgies.....</i>	<i>14</i>
I.3.c.1 Retentissement anatomique.....	14
I.3.c.2 Retentissement psycho-social.....	15
<u>Chapitre II : Contraintes aéronautiques et moyens de protection.....</u>	<u>16</u>
II.1 Les accélérations.....	16
<i>II.1.a Définition.....</i>	<i>16</i>
<i>II.1.b Les accélérations en avion de chasse.....</i>	<i>17</i>
<i>II.1.c Performance des aéronefs actuels.....</i>	<i>19</i>
II.2 Les conséquences des accélérations en avion de chasse.....	21
<i>II.2.a Conséquences hémodynamiques.....</i>	<i>21</i>
<i>II.2.b Conséquences musculo-squelettiques.....</i>	<i>22</i>
II.3 Moyens de protection face aux accélérations.....	23
<i>II.3.a Sélection du personnel navigant.....</i>	<i>23</i>
<i>II.3.b Surveillance du personnel navigant.....</i>	<i>24</i>
<i>II.3.c Préparation physique du personnel navigant.....</i>	<i>24</i>

II.3.c.1 Préparation physique globale du PN de l'aviation de chasse.....	24
II.3.c.2 Activation des muscles du rachis cervical en vol ....	25
II.3.c.3 Programme de renforcement musculaire du cou.....	25
II.3.c.4 Echauffements et étirements spécifiques .....	26
II.3.c.5 Musculature cervicale et cervicalgie chez les PN.....	27
II.3.d Manœuvres anti-G .....	27
II.3.e Equipement du personnel navigant .....	29
II.3.f Inclinaison du siège éjectable .....	31
II.4 Les contraintes posturales du PN en mission.....	33
II.4.a Missions de reconnaissance ou de bombardement.....	33
II.4.b Missions d'appui au sol ou de désignation au pod laser.....	33
II.4.c Missions de défense aérienne.....	33
II.4.d Contraintes posturales.....	34
II.4.e Cas particulier du pilote de l'aéronavale.....	35
II.5 Autres méthodes de prévention .....	35
II.5.a Impact de la médecine manuelle .....	35
II.5.b A l'avenir.....	37
<b>JUSTIFICATION ET OBJECTIFS DE LA THESE.....</b>	<b>39</b>
<b>MATERIEL ET METHODE.....</b>	<b>40</b>
I.    Echantillon et caractéristiques de la population.....	40
II.   Elaboration du questionnaire.....	41
III.  Méthode d'analyse statistique.....	43
<b>RESULTATS.....</b>	<b>44</b>
I.    Caractéristiques de la population générale.....	44
I.1 Données générales.....	45
I.2 Profil physique et sportif.....	45
I.3 Profil du parcours aéronautique.....	46
I.4 Mesures posturales.....	49
I.5 Facteurs d'environnement professionnel.....	50

II.	Douleurs cervicales, caractéristiques .....	51
	II.1 Survenue des cervicalgies.....	51
	II.2 Fréquence et intensité des cervicalgies.....	52
	II.3 Evolution des douleurs cervicales.....	53
	II.4 Retentissement.....	53
	II.5 Consultation et prise en charge.....	54
	II.6 Prévention des cervicalgies .....	55
III.	Recherche de facteurs favorisant les cervicalgies : comparaison des pilotes présentant des douleurs cervicales et des pilotes indemnes de cervicalgies.....	55
IV.	Comparaison des navigateurs et des pilotes de l'armée de l'air.....	61
V.	Comparaison des pilotes de la marine et des pilotes de l'armée de l'air	63
<b>DISCUSSION.....</b>		<b>66</b>
I.	Principaux résultats.....	66
II.	Analyse des résultats.....	67
III.	Limites et forces de l'étude.....	79
IV.	Recommandations.....	80
<b>CONCLUSION.....</b>		<b>82</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>		<b>83</b>
<b>ANNEXES.....</b>		<b>88</b>
1.	Lettre de l'Etat Major de l'Armée de l'Air.....	88
2.	Extrait de l'Instruction Ministérielle n° 800.....	89
3.	Questionnaire de l'étude.....	90
4.	Abstract soumis à l'Aerospace Medical Association 88th annual scientific meeting, Denver (USA) 2017.....	95

## TABLE DES TABLEAUX

---

Tableau 1 : Prévalence des cervicalgies chez les PN de l'aviation de chasse dans la littérature.....	13
Tableau 2 : Ordre de grandeur de certaines accélérations en aviation de chasse...	19
Tableau 3 : Caractéristiques des avions chasse utilisés en France.....	20
Tableau 4 : Les effets subjectifs des accélérations.....	21
Tableau 5 : Comparaison des caractéristiques des PN de l'aviation de chasse en fonction de leur nombre d'heures de vol militaire.....	47
Tableau 6 : Répartition des PN selon l'avion piloté et fréquence de survenue des cervicalgies.....	48
Tableau 7 : Evaluation des facteurs psycho-sociaux.....	50
Tableau 8 : Facteurs déclenchant les cervicalgies en vol.....	52
Tableau 9 : Retentissement général des cervicalgies.....	54
Tableau 10 : Comparaison des caractéristiques générales et aéronautiques des pilotes avec et sans cervicalgies.....	56
Tableau 11 : Comparaison de la pratique des mesures de prévention posturales chez les pilotes avec et sans douleur cervicale.....	58
Tableau 12 : Comparaison des facteurs psycho-sociaux entre le groupe avec douleur cervicale et le groupe sans cervicalgies.....	60
Tableau 13 : Comparaison des caractéristiques générales, aéronautiques et des cervicalgies des pilotes et des navigateurs de l'AA.....	61
Tableau 14 : Comparaison des caractéristiques générales, aéronautiques et des cervicalgies des pilotes de la marine et de l'AA.....	63

## TABLE DES FIGURES

---

Figure 1 : Schéma de la topographie des cervicalgies.....	8
Figure 2 : Schéma d'une hernie cervicale avec compression de la moelle épinière..	10
Figure 3 : Schéma des muscles du rachis cervical.....	11
Figure 4 : Schémas des accélérations soumises aux personnels navigants.....	18
Figure 5 : Photographies en vol d'un PN sous facteur de charge.....	28
Figure 6 : Photographie d'une centrifugeuse mise en service en 1999.....	29
Figure 7 : Photographie d'un PN de l'aviation de chasse portant son équipement de vol.....	30
Figure 8 : Schéma de la position du pilote dans le cockpit du Rafale.....	32
Figure 9 : Schéma de l'inclinaison du siège éjectable.....	33
Figure 10 : Position en rotation et extension maximale au cours d'un combat tournoyant aérien.....	34
Figure 11 : Répartition des questionnaires dans les différentes structures.....	44
Figure 12 : Répartition de la pratique sportive chez les PN de l'aviation de chasse.	46
Figure 13 : Estimation de la fréquence de pratique des mesures de prévention posturale.....	49
Figure 14 : Comparaison de la fréquence des vols à plus de 5Gz chez les pilotes avec et sans douleur cervicale .....	57
Figure 15 : Comparaison de la fréquence de pratique des mesures de prévention entre les pilotes souffrant de cervicalgies et les pilotes sans douleur cervicale .....	58
Figure 16 : Comparaison des pratiques de renforcement musculaire des muscles du rachis cervical par les pilotes avec et sans douleur cervicale.....	59
Figure 17 : Comparaison des différents axes d'amélioration de la prévention selon les pilotes avec cervicalgies et ceux sans douleur cervicale.....	60
Figure 18 : Comparaison des pratiques de renforcement musculaire des muscles du rachis cervical par les pilotes de la marine et de l'armée de l'air.....	65



# INTRODUCTION

---

L'aviation de chasse et ses avions de nouvelle génération, dotés de commandes de vol électriques et d'un rapport poids/poussée supérieur à un, imposent des contraintes majeures au personnel navigant (PN), en terme hémodynamique et musculo-squelettique. Ainsi, une sélection rigoureuse des PN, un suivi médical rapproché et un entraînement physique adapté, sont nécessaires.

Le rachis cervical est considéré comme le « segment rachidien critique » chez le PN de l'aviation de chasse. Les cervicalgies semblent ainsi progresser avec l'amélioration des performances des aéronefs en terme d'accélération <sup>(1, 2)</sup>.

Depuis les années 1990, la majorité des études entreprises sur le sujet sont étrangères et en particulier américaines <sup>(2, 3, 4, 5)</sup>. En France, la prévalence actuelle des cervicalgies chez les PN de l'aviation de chasse demeure mal connue. Néanmoins, les cervicalgies sont régulièrement abordées lors des comités d'écoute et d'échanges technico-opérationnels (CEETO) et ce sujet est en plein essor au sein de la communauté scientifique internationale militaire. L'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) a, à ce titre, mis en place un groupe de travail auquel la France participe afin d'établir des recommandations fin 2017 en terme de prévention <sup>(6)</sup>.

Nous proposons une étude observationnelle à type d'enquête par questionnaire anonyme menée en 2016 chez les PN de l'aviation de chasse de l'armée française. Les objectifs étaient d'évaluer la prévalence des cervicalgies au sein de cette population, d'en déterminer des facteurs favorisants potentiels ainsi que d'en évaluer le retentissement professionnel afin d'envisager des recommandations visant la prévention de ces douleurs.

# RAPPELS ET GENERALITES

# Chapitre I : Cervicalgies cliniques et rappel anatomique

## I.1 Les douleurs cervicales

Les cervicalgies ou douleurs cervicales regroupent l'ensemble des douleurs de la région cervicale. Elles sont comprises entre la ligne courbe occipitale supérieure et une ligne imaginaire transverse passant par la pointe du processus épineux de la première vertèbre thoracique tel qu'il est montré sur la figure 1. Elles correspondent à une douleur aiguë causée par une élongation musculaire ou tendineuse gênant les mouvements de la tête et irradiant vers les épaules.

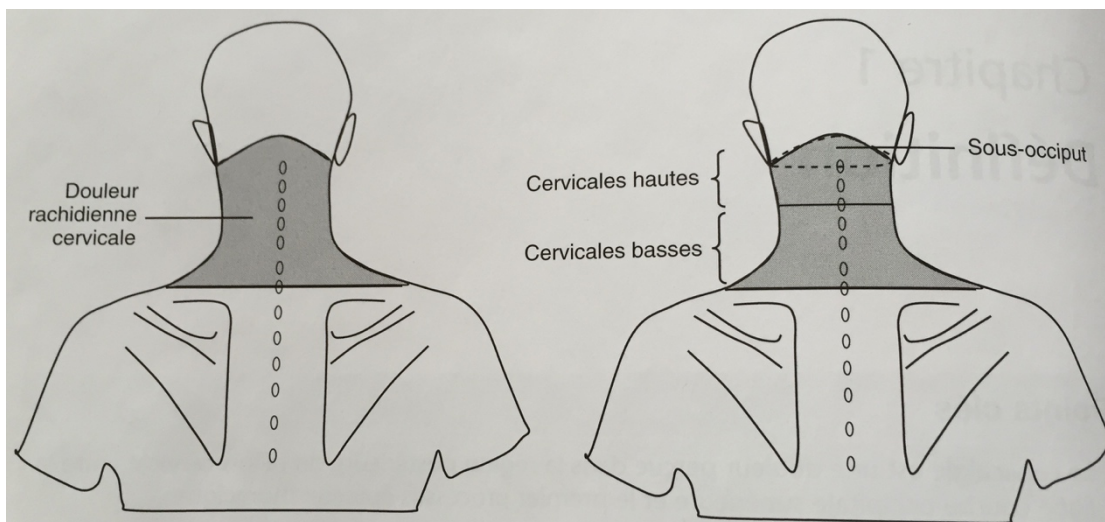


Figure 1 : Schéma de la topographie des cervicalgies

Les cervicalgies sont considérées comme le parent pauvre de la pathologie du rachis <sup>(7)</sup>. Selon la Haute Autorité de Santé, en 2013, environ deux tiers de la population générale sont concernés par un épisode douloureux et l'incidence des cervicalgies communes est estimée à 12,1 pour 1000 par an. Dans la population générale, les cervicalgies ont une prévalence plus marquée chez les femmes et avec l'âge. Cela pourrait être lié à

l'interaction de phénomènes d'arthrose cervicale liée à l'âge avec des contraintes professionnelles génératrices de cervicalgies. Les études dans le milieu professionnel retrouvent des facteurs de risque psychosociaux et organisationnels statistiquement significatifs <sup>(8)</sup>. Ces facteurs de risque professionnels reconnus sont : une forte demande psychologique au travail (demande de concentration), un faible soutien social, une posture statique prolongée, un travail répétitif et un travail de précision.

Les données sont majoritairement publiées en médecine du travail. Les cervicalgies communes du jeune adulte sont favorisées par l'anxiété, les activités professionnelles ou sportives et les mauvaises positions déclenchant les torticolis. Ces cervicalgies posturales du sujet jeune sont favorisées par des attitudes prolongées en flexion ou liées à une posture inadaptée durant le travail et le loisir. Dans la population générale, il est retrouvé que quatre à six heures par jour passées devant un ordinateur augmentent les cervicalgies <sup>(9)</sup>. Les douleurs touchent le plus souvent l'arrière du cou, irradiant vers le milieu du dos et les épaules. La mobilité du rachis cervical reste conservée. Cliniquement, les trois principales pathologies encourues par ces mauvaises postures du quotidien sont le torticolis, l'hernie discale ou cervicale, ou encore l'arthrose cervicale.

#### I.1.a Le torticolis

Il s'agit de la contracture d'un ou plusieurs muscles du cou (sterno-cléido-mastoïdien ou trapèze) qui entraîne une impotence fonctionnelle avec attitude anormale de la tête et du rachis cervical en flexion et rotation. Il survient à la suite d'un mouvement brusque du cou ou de son maintien prolongé dans une mauvaise position.

Les traumatismes les plus importants peuvent entraîner une entorse cervicale ou vulgairement le « coup du lapin » qui survient à la suite d'un mécanisme de transfert d'énergie au rachis cervical par accélération-décélération. La symptomatologie des entorses cervicales est variée, de l'absence de douleur à la luxation, voire à la fracture vertébrale dans les cas les plus graves.

#### I.1.b L'hernie discale

Une hernie discale correspond à une fissuration de l'anneau fibreux avec migration d'une partie du nucleus pulposus vers le canal rachidien comme l'illustre la figure 2.

L'hernie discale n'est pas toujours déclenchée par un facteur traumatique ou un effort. Elle est d'étiologie inconnue dans 80% des cas.

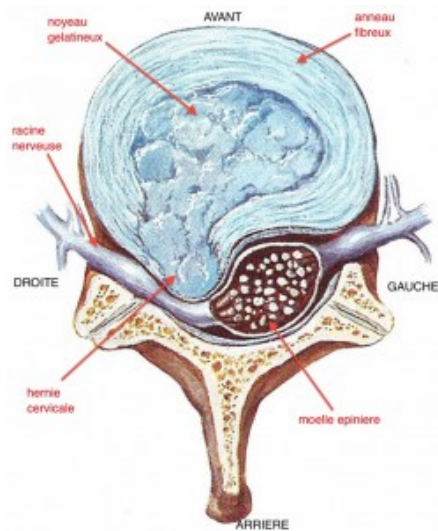


Figure 2 : Schéma d'une hernie cervicale avec compression de la moelle épinière

### I.1.c L'arthrose cervicale

L'arthrose cervicale symptomatique ou non est retrouvée sur 50% des radiographies de l'adulte de plus de 40 ans. Chez l'adulte de plus de 80 ans, on la retrouve sur 90% des clichés radiographiques. Ce que l'on nomme cervicarthrose est souvent asymptomatique. Les formes chroniques sont caractérisées par une douleur de siège postérieur, qui peut irradier dans les omoplates et les épaules. Cette douleur peut également se propager vers l'occiput et s'accroître avec la mobilisation, les efforts et nécessite un dérouillage matinal. L'arthrose cervicale peut se compliquer également de névralgie cervico-brachiale par conflit disco-radulaire. La névralgie cervico-brachiale, touchant les racines nerveuses, est liée à la compression médullaire de la moelle épinière. Elle se définit comme l'association d'une douleur cervicale et d'une radiculalgie du membre supérieur. Elle peut survenir en cas d'hernie discale ou d'arthrose cervicale.

## I. 2 Rappel anatomique

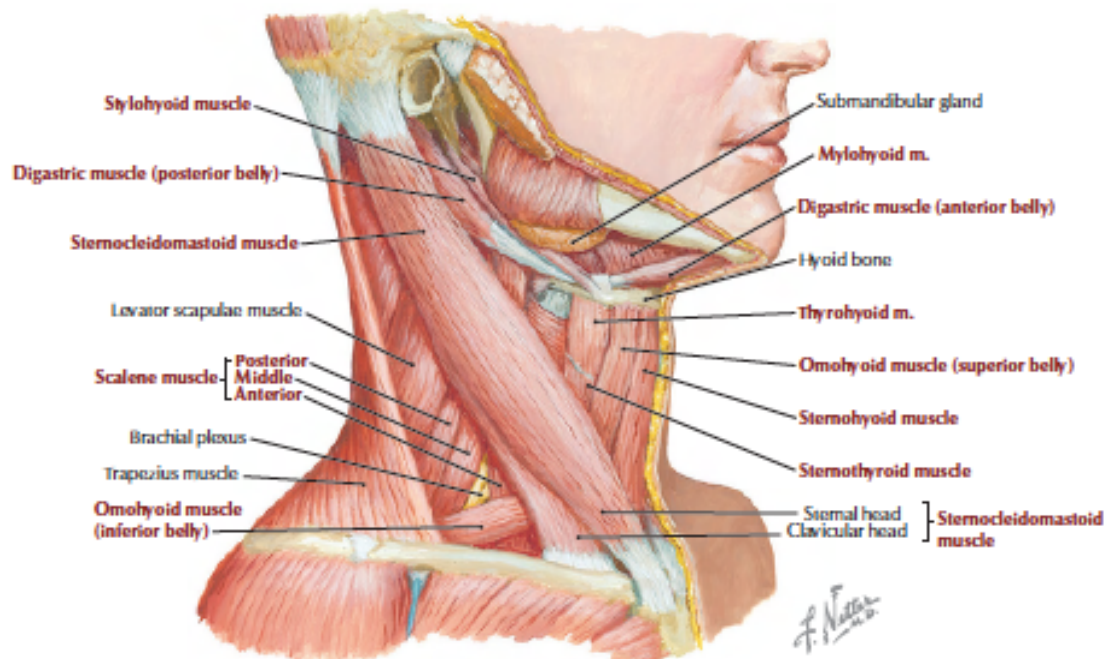


Figure 3 : Schéma des muscles du rachis cervical

Les muscles du cou se composent des muscles de la région antérieure du rachis cervical et des muscles de la nuque (figure 3).

### I.2.a Les muscles de la région antérieure du rachis cervical

Les muscles antérieurs du rachis cervical regroupent les muscles pré-vertébraux, les muscles profonds latéraux, les muscles infra et supra hyoïdiens et enfin, le muscle sterno-cléido-mastoïdien.

Les muscles pré-vertébraux ont un rôle de fléchisseur de tête.

Les muscles profonds latéraux sont composés des muscles scalènes et du muscle droit latéral.

Les muscles scalènes (antérieurs, moyens et postérieurs) descendent obliquement le long de la colonne cervicale. Ils ont un rôle d'inclinaison homolatérale de la colonne cervicale avec un léger mouvement de rotation de la face du côté opposé.

Le muscle droit latéral incline la tête et le rachis cervical de son côté.

Le muscle sterno-cléido-mastoïdien (SCM) fléchit la tête, l'incline de son côté et lui imprime un mouvement de rotation qui tourne la face du côté opposé. En co-contraction, les SCM produisent la flexion directe de la tête.

### I.2.b Les muscles de la nuque

La région postérieure du cou regroupe plusieurs plans musculaires : le plan profond avec les muscles droits et obliques, le plan des muscles semi épineux et le plan superficiel avec le muscle trapèze.

Les muscles droits et obliques ont pour action globale une extension et rotation homolatérale de la tête.

Les muscles semi-épineux ont pour rôle principal l'extension de la tête et son inclinaison homolatérale.

Le muscle trapèze incline la tête et imprime un mouvement de rotation qui tourne la face du côté controlatéral.

## **I.3 Connaissance actuelle sur les cervicalgies chez le personnel navigant de l'aviation de chasse**

Depuis plus de 30 ans, le rachis cervical du personnel navigant (PN) chasse intéresse la communauté scientifique internationale. La prévalence des cervicalgies dans la littérature est regroupée dans le tableau 1. Cette prévalence varie selon les études mais les résultats tendent à montrer qu'un PN chasse sur deux environ souffre de douleurs cervicales.

ANNEE	AUTEURS	PAYS	AERONEFS	POP.	CERVICALGIES
1998	Albano	USA	F-16	268	85,4%
2000	Drew	USA	F-15/ F-16	35	54%
2007	Heraudeau	France	NP	176	17,6%
2008	De Loose	Belgique	F-16	90	18,9%
2008	Deloffre	France	M-2000, Rafale	86	48%
2009	De Loose	Belgique	F-16	35	28,6%
2011	Lange	Danemark	F-16	58	97%
2012	Wagstaff	Norvège	F-16	105	72%
2014	Lange	Danemark	F-16	55	54,5%
2015	Cocquempot	France	Mirage 2000	20	30%

Tableau 1 : Prévalence des cervicalgies chez les PN de l'aviation de chasse dans la littérature

### I.3.a Facteurs de risque identifiés

Les facteurs de risque de cervicalgies communément identifiés sont <sup>(10, 11, 12, 13)</sup> :

- *le vol sous facteur de charge élevé*
- *les mouvements à haut risque de la tête sous facteur de charge élevé*
- *le port d'équipement de tête*
- *la musculature spécifique des muscles du cou*
- *la fatigue du personnel navigant physique et psychique*

### I.3.b Facteurs de risque supposés

Les facteurs de risque de survenue de cervicalgies supposés sont <sup>(1, 14, 15, 16, 17)</sup> :

- *l'âge*
- *l'inclinaison du siège éjectable*
- *le nombre d'heures de vol.*



### I.3.c Retentissement des cervicalgies

#### *I.3.c.1 Retentissement anatomique*

Une étude radiographique compare le rachis cervical de 188 pilotes de F-16 à un groupe contrôle de 128 pilotes sans expérience ou ayant moins de 150 heures de vol. A six années d'intervalle, une dégénérescence prématurée du rachis est retrouvée chez les PN exposés à des facteurs de charge élevés <sup>(18)</sup>.

Les études d'imagerie par résonance magnétique (IRM) réalisées depuis le début des années 1990 évaluent le retentissement de l'exposition répétée aux accélérations chez les PN. Ces études ont pour biais principal un nombre de sujet limité.

D'après ces études il existe une dégénérescence du rachis cervical. L'imagerie retrouvait des hernies discales, des compressions médullaires ainsi que des sténoses foraminales chez les sujets étudiés. Toutefois cette dégénérescence semble plus en lien avec l'âge élevé des sujets qu'avec le pilotage d'un aéronef chasse <sup>(16)</sup>. En effet la dégénérescence prématurée des disques cervicaux des PN est retrouvée dans les cas d'exposition fréquente au facteur de charge élevé <sup>(13)</sup>.

Une étude avec un suivi IRM de cinq ans retrouvait une dégénérescence précoce du rachis cervical chez les PN de l'aviation de chasse avec des lésions habituellement retrouvées chez une population plus âgée. Néanmoins, plus les sujets vieillissaient plus les différences entre les PN de l'aviation de chasse et les contrôles non PN diminuaient <sup>(19)</sup>.

Un suivi IRM sur treize années de sujets exposés à de fortes accélérations et plus de 1200 heures de vol (HDV) n'a pas révélé de changement statistiquement significatif sur le rachis durant la carrière opérationnelle du PN <sup>(20)</sup>.

Une seule étude IRM prend en compte les douleurs cervicales ; elle évalue la morphométrie musculaire du rachis cervical chez les pilotes de F-16. On retrouve une asymétrie du diamètre moyen des muscles cervicaux profonds bilatéraux, qui serait causée par une plus grande activité de ces muscles dans le groupe souffrant de cervicalgies. Cette asymétrie est retrouvée avec un plus gros diamètre des muscles semi-épineux et multifides du rachis cervical gauche qui serait expliquée par l'utilisation asymétrique du F-16 en opération <sup>(21)</sup>. La main droite doit rester sur les commandes de

vol tandis que le bras gauche peut bouger et aider au support de la tête contre la canopée sous facteur de charge.

### *1.3.c.2 Retentissement psycho-social*

La fatigue psychique est depuis 2008 étudiée comme un facteur de risque de cervicalgies <sup>(1)</sup>. L'étude ne retrouvait pas de différence significative sur les facteurs liés au vol entre les PN asymptomatiques et présentant des douleurs cervicales. Les facteurs de risque de cervicalgies mis en évidence dans cette étude étaient des facteurs de stress au travail tels que la fatigue mentale et physique à la fin d'une journée de travail, la position assise prolongée et être ennuyé par les autres au travail.

D'autres études ont évalué des facteurs physiques et psychosociaux : 62,5% des PN de l'aviation de chasse déclaraient une perte d'une à trois heures de sommeil par nuit causée par les cervicalgies et 54,2% d'entre eux rapportent une limitation de participation à leurs activités récréatives favorites causée par une exacerbation des cervicalgies au cours de ces activités <sup>(17)</sup>. Les facteurs psycho-sociaux sembleraient être des facteurs influent sur la survenue de cervicalgies mais de futures études seront nécessaires pour évaluer leur impact.

## **Chapitre II : Contraintes aéronautiques et moyens de protection**

---

Les limites des avions ont été repoussées pour mener à bien leur rôle de défense aérienne. Les limites du personnel navigant ont également été repoussées. Les contraintes sont multifactorielles. Elles sont liées à l'altitude comme l'hypoxie ou l'hypobarie. Par définition elles sont liées à l'avion lui-même : les vibrations, le bruit, l'exiguïté, la chaleur, les problèmes posturaux, les accélérations et enfin les différents types de mission sont autant de contraintes qui pèsent sur les personnels navigants (PN).

Les contraintes majeures sont cardiovasculaires sous l'effet des accélérations et de l'hypoxie. Les conséquences de l'hypoxie sont limitées par les progrès techniques et l'apport d'oxygène dans l'avion mais peuvent constituer un risque d'incapacité subite en cas de défaillance. La performance et la maniabilité des avions actuels permettent de soutenir des accélérations de haute intensité pendant plusieurs minutes, la tolérance physiologique est le facteur limitant face aux progrès techniques <sup>(22)</sup>. Les accélérations restent la contrainte la plus agressive imposée à l'organisme. Elles induisent un risque de perte de connaissance sur le plan cardiovasculaire et un risque de cervicalgies sur le plan musculo-squelettique.

Seuls les accélérations et les problèmes posturaux seront développés dans cet exposé. Le rôle de l'hypoxie, de l'hypobarie et des variations thermo-hygrométriques n'ayant jamais été démontré ou incriminé dans les cervicalgies.

### **II.1 Les accélérations**

#### II.1.a Définition

Le facteur de charge est une unité d'accélération qui correspond approximativement à l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre, il est exprimé par la grandeur G. Sa valeur approximative est de  $9,81 \text{ m.s}^{-2}$  (valeur moyenne à Paris). Les forces

appliquées à un objet libre de mouvement provoquent des contraintes et des déformations mécaniques qui sont alors perçues comme un poids. L'accélération standard de la pesanteur à la surface de la Terre est de 1 G. Il est plus commode d'exprimer la force d'inertie (inversement proportionnelle à l'accélération) par rapport à une sensation connue, celle de notre poids. Selon les lois de Newton, le poids est égal à la masse multipliée par l'accélération de la force G. De façon simplifiée, cela revient à dire qu'un corps subissant une accélération de 2 G ressent une force d'inertie égale à deux fois son poids.

### II.1.b Les accélérations en avion de chasse

L'avion dans l'espace aérien est soumis à des modifications de vitesse et de trajectoire qui sont à l'origine des accélérations. Le combat aérien expose le pilote à de très fortes accélérations lors des manœuvres de combat, des virages serrés, des figures de voltige et des ressources en fin de piqués. Ces accélérations peuvent dépasser 10 G et durer plus de 15 secondes <sup>(23)</sup>.

Les accélérations appliquées au personnel navigant dans l'avion de chasse et leurs axes d'application sont (figure 4) :

- L'axe antéro-postérieur du corps désigné par la lettre x : l'accélération longitudinale **G<sub>x</sub>** est positive exercée dans le sens arrière vers avant.
- L'axe latéral du corps désigné par la lettre y : l'accélération latérale **G<sub>y</sub>** est positive lorsqu'elle est dirigée dans le sens gauche-droite.
- Le grand axe du corps (axe vertébral) est désigné par la lettre z : l'accélération verticale **G<sub>z</sub>** est positive lorsqu'elle s'exerce dans le sens siège-tête.

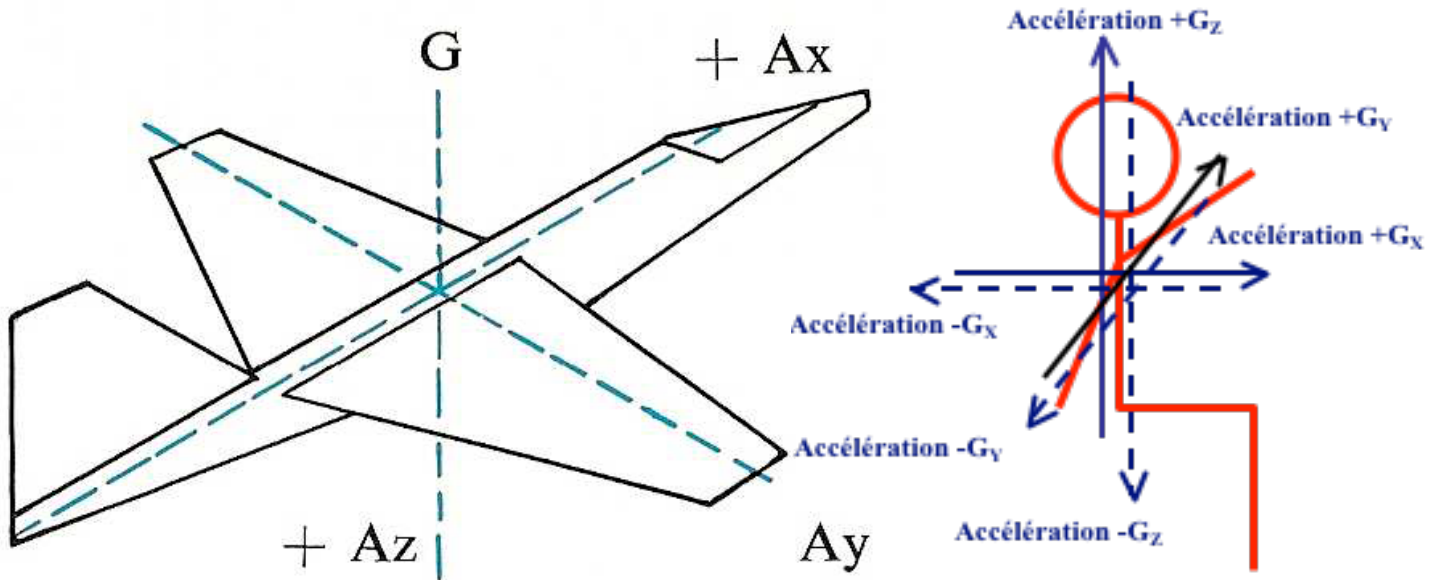


Figure 4 : Schémas des accélérations soumises aux personnels navigants. G désigne les accélérations linéaires assorti du + ou – et de l'axe d'accélération (x, y ou z)

Les accélérations verticales  $G_z$  sont les plus délétères pour le PN de l'aviation de chasse. Les forces d'inertie sont appliquées de manière opposée à l'accélération et vont donc « écraser » le PN sur son siège.

On classe ces accélérations  $+G_z$  selon leur durée d'application. En avion de chasse et plus particulièrement sur ceux de dernière génération tels que le Mirage 2000 ou le Rafale, le PN pourra subir des accélérations soutenues et de haut niveau dont la durée d'application est supérieure à 15 secondes et dont l'intensité est supérieure à 7 G. Le tableau 2 regroupe l'ordre de grandeur de certaines accélérations : par exemple, un décollage a une accélération de 0,5 à 1 G, les évolutions en manœuvres de combat de 8 à 9 G en mode normal et pouvant dépasser 10 G, les turbulences peuvent induire une accélération de plus de 5 G et un crash équivaut à plus de 100 G.

Type d'accélération	Ordre de grandeur (en G)
Décollage d'un avion performant	0,5 à 1 G
Catapultage d'un porte-avions	3,5 à 5 G
Appontage (porte-avions)	4 à 7 G
Evolution en manœuvres de combat	8 à 9 G (mode normal)
Atterrissage forcé, amerrissage	5 G
Ejection (selon type siège)	15 à 20 G
Turbulences	Jusqu'à plus de 5 G
Accident d'avion	100 G et plus

Tableau 2 : Ordre de grandeur de certaines accélérations en aviation de chasse

### II.1.c Performance des aéronefs actuels

Les principales performances des aéronefs de l'armée française sont résumées dans le tableau 3. Ces performances ont fortement évolué au cours du temps <sup>(24)</sup>. Cependant, la vitesse de pointe des avions a peu augmenté depuis que Mach 2 a été atteint, c'est à dire deux fois la vitesse du son. Depuis le Mirage F1, cette vitesse de pointe peut être maintenue pendant plusieurs minutes et le pilote peut effectuer plusieurs accélérations pendant le même vol. Cette nouvelle performance a modifié de manière significative le profil des vols. La poussée des réacteurs n'a cessé d'augmenter avec un rapport poussée/poids supérieur à 1 depuis le Mirage 2000 (un rapport supérieur à 1 signifie que la machine peut accélérer sur une trajectoire ascendante verticale).

La flotte d'avions de combat actuelle compte environ 250 machines. Ce volume a diminué depuis plusieurs années. Un pilote peut voler sur plusieurs machines durant sa carrière, ainsi nous recueillerons les données du Jaguar et du Mirage F1 même s'ils ne sont plus en service à ce jour.

Les pilotes débutent leur formation de la spécialité « chasse » sur Grob 120 et Epsilon TB 30 au sein de l'Ecole de pilotage de l'armée de l'air (EPAA) sur la Base aérienne 709 de Cognac. Ces deux aéronefs ne sont pas des avions de chasse, ainsi les élèves pilotes et leurs instructeurs ne portent pas de combinaison anti-G, le facteur de charge étant limité lors des vols à + 4 G. L'Alphajet est l'avion d'entraînement à la fin du cycle de formation des pilotes et des navigateurs officiers systèmes d'armes (NOSA). Le

Jaguar a été retiré du service depuis juillet 2005, tandis que le Mirage F1 est retiré depuis juin 2014 et le Super-Etendard Modernisé est retiré du service depuis le 12 juillet 2016.

Le Mirage 2000 a plusieurs versions :

- Mirage 2000 RDI : la version pour la défense aérienne et des missions d'assaut conventionnel. Il est prévu d'être retiré du service en 2018.
- Mirage 2000 N : la version pour la frappe nucléaire et des missions de bombardement conventionnel, il est également prévu d'être retiré du service en 2018.
- Mirage 2000-5 F : la version pour la défense aérienne.
- Mirage 2000 D : la version biplace air-sol d'assaut conventionnel.

Le Rafale est un avion polyvalent qui a plusieurs configurations selon le type de mission : la pénétration et la frappe nucléaire, la pénétration et l'attaque au sol, l'appui-feu rapproché (Close Air Support ou CAS), la défense et la supériorité aérienne, l'intervention à grande distance avec ravitaillement en vol et enfin la reconnaissance tactique et stratégique.

AERONEF	FACTEUR DE CHARGE	VITESSE MAXIMALE	VITESSE ASCENSIONNELLE	RAPPORT POUSSEE/POIDS
GROB 120	+6 G / -4 G	320 km/h	1200 ft / min	N.C
EPSILON/ TB 30	+6,7 G /-3,35 G	380 km/h	1500 ft / min	N.C
ALPHAJET	+ 7,5 G / - 3 G	Mach 0,85	12000 ft / min	N.C
JAGUAR	N.C	Mach 1 ,61	N.C	0,60
MIRAGE F1	N.C	Mach 2,2	20000 ft / min	0,64
SUPER-ETENDARD MODERNISE	N.C	Mach 1,3	19685 ft / min	0,43
MIRAGE 2000	+9 G /-3,2 G	Mach 2,2	30000 ft / min	1,29
RAFALE	+9 G /- 3 G	Mach 1,82	30000 ft / min	1,69

Tableau 3 : Caractéristiques des aéronefs chasse utilisés en France (N.C = non connu)

## II. 2 Les conséquences des accélérations en avion de chasse

Comme il a été énoncé précédemment, les accélérations sont la contrainte aéronautique la plus agressive imposée à l'organisme. Elles ont des conséquences hémodynamiques et musculo-squelettiques.

### II.2.a Conséquences hémodynamiques

Les **conséquences hémodynamiques** des accélérations représentent la contrainte majeure du fait du risque d'incapacité subite et de mise en jeu de la sécurité des vols.

L'exposition au facteur de charge provoque une redistribution des volumes sanguins vers les parties déclives du corps avec une diminution du retour veineux vers le cœur. Une diminution de la pression artérielle entraîne le renforcement du tonus sympathique, qui agit sur la pression artérielle, le rythme et la puissance de la contraction cardiaque. L'augmentation de la fréquence cardiaque est pratiquement proportionnelle à l'accélération +Gz subie.

La baisse de la pression artérielle entraîne une diminution de la perfusion cérébrale.

La circulation veineuse est à basse pression. Sous facteur de charge, l'augmentation de la pression dans la partie basse du corps entraîne un stockage veineux important avec une diminution du retour veineux.

Ainsi, la baisse de la perfusion cérébrale et le déplacement de la masse sanguine vers la partie déclive du corps peuvent être responsables d'une perte de conscience sous facteur de charge (G-LOC, G-force induced Loss of Consciousness). Le tableau 4 regroupe les effets subjectifs des accélérations qui vont d'une sensation de lourdeur de tête jusqu'à la perte de conscience.

Accélérations en G	Effets subjectifs
1 G	Sensation habituelle de la pesanteur
2 G	Sensation de lourdeur de tête et membres, difficulté à se mouvoir
3 G	Sensation de grande lourdeur du corps
Entre 3 et 4,5 G	Apparition du voile gris
Entre 4 et 5,5 G	Apparition du voile noir
Entre 4,5 et 6 G	Risque de perte de conscience

Tableau 4 : Les effets subjectifs des accélérations



## II.2.b Conséquences musculo-squelettiques

Les **conséquences musculo-squelettiques** représentent la deuxième contrainte des accélérations avec un risque traumatique et micro-traumatique portant sur l'axe rachidien. La mise en accélération très brutale des avions impose des contraintes considérables sur l'axe rachidien, lorsque la tête est inclinée et surtout lorsque cette inclinaison s'accompagne d'une rotation.

Sous facteur de charge, il est mis en évidence une bonne tolérance de l'axe rachidien lorsque la tête est en position neutre. En cas de mouvements de flexion, de rotation ou d'extension de la tête, on constate une réduction importante de cette tolérance <sup>(10)</sup>. Cette baisse de la tolérance induit, à minima, des douleurs cervicales aiguës et des lésions des parties molles.

Les cervicalgies sont communément retrouvées à partir d'un facteur de charge de +4Gz. La rotation de la tête sous facteur de charge provoque un haut risque de cervicalgies, cette rotation doit être d'au moins 35 degrés <sup>(1,25, 26, 27)</sup>. Les autres mouvements à risque sont l'extension supérieure à 30 degrés, la flexion supérieure à 15 degrés et la position « check six ». La position « check six » est utilisée en combat aérien sous facteur de charge élevé pour rechercher un avion ennemi dans l'espace aérien. Cette position multiplie par 21 la charge imposée au rachis cervical <sup>(26, 28)</sup>. Les facteurs de risque majeurs de cervicalgies seraient ainsi un vol à plus de 6,7G et la rotation du cou sous facteur de charge élevé <sup>(3)</sup>. Une étude EMG suggère qu'un niveau élevé de contraction musculaire sous facteur de charge et des postures cervicales proches de la limite rachidienne physiologique auraient une influence majeure sur la survenue de cervicalgies chez les PN de l'aviation de chasse <sup>(5)</sup>.

La fatigue physique peut également être à risque de cervicalgies. Ainsi, lors du vol en mission de combat aérien, les mouvements extrêmes du cou associés à une forte activation musculaire induisent une fatigue musculaire <sup>(26)</sup>. La tolérance musculaire au facteur de charge est diminuée par la fatigue musculaire et cause plus de douleurs cervicales aiguës <sup>(29)</sup>. Le PN est plus à risque de souffrir de cervicalgies lors d'exercices répétés en raison d'une accumulation de fatigue musculaire comme par exemple, en opérations extérieures (OPEX) <sup>(12, 28, 30)</sup>.

## **II.3 Moyens de protection face aux accélérations**

Les PN disposent de moyens de protection physiques variés pour faire face au G-LOC (perte de connaissance sous facteur de charge) et aux cervicalgies. Outre une sélection rigoureuse lors de l'incorporation et un suivi médical tout au long de leur carrière, les PN possèdent des moyens de protection actifs tels que l'entraînement physique et les manoeuvres anti-G volontaires ainsi que des moyens passifs comme l'équipement vestimentaire anti-G et l'inclinaison du siège vers l'arrière.

### II.3.a Sélection du personnel navigant

En France, la prévention passe dans un premier temps par la sélection des personnels navigants de l'aviation de chasse. Le texte qui régit les normes médicales est l'Instruction Ministérielle N° 800/DEF/DCSSA/AST/AME relative à l'aptitude médicale aux emplois du personnel navigant des forces armées datant du 20 février 2008. Un extrait de cette instruction est reporté en annexe 2. Pour pouvoir prétendre à entrer dans le cursus de formation de PN de l'armée de l'air, il faut être robuste et de constitution normale et satisfaire un certain nombre de pré requis médicaux : standard d'aptitude générale (SGA), d'acuité visuelle (SVA), de perception des couleurs (SCA) et d'audition (SAA). Des conditions de taille sont également requises : elle doit être supérieure ou égale à 1,60m. Quant au poids, il doit être compris entre 55 et 95 kg. Le personnel navigant doit répondre à trois normes A, B et H. La norme A est exigée pour l'aptitude au siège éjectable et l'aviation de chasse, elle regroupe des normes de mensurations segmentaires, un examen du squelette, et la réalisation d'un examen radio clinique du rachis. L'absence d'intégrité rachidienne anatomique et fonctionnelle est une cause d'inaptitude.

### II.3.b Surveillance du personnel navigant

Pour les pilotes de chasse, la périodicité de l'expertise révisionnelle en CEMPN est de 12 mois selon l'Instruction Ministérielle N° 4000/DEF/DRH-AA/SDEP-HP/BPE. Ils seront vus obligatoirement en visite intermédiaire de contrôle dans leur centre médical des Armées de rattachement 6 mois calendaire après leur visite en CEMPN. De plus, chaque départ en opération extérieure ou en détachement aérien doit être précédé d'une visite médicale.

### II.3.c Préparation physique du personnel navigant

Dès le début de leur formation à l'Ecole de l'Air de Salon-de-Provence, les élèves pilotes et NOSA sont sensibilisés à l'importance de la préparation physique afin de tolérer les contraintes qu'ils rencontreront dans l'aéronef.

Les accélérations et les autres contraintes environnementales aggravent la fatigue du PN et provoquent une baisse des performances psychomotrices. Ces contraintes l'obligent à avoir des capacités physiques sans cesse maintenues au meilleur niveau grâce à une hygiène de vie saine et un entraînement physique adapté <sup>(31)</sup>.

#### *II.3.c.1 Préparation physique globale du PN de l'aviation de chasse*

L'entraînement physique du personnel navigant est un moyen actif de protection <sup>(56)</sup>.

Il est orchestré par les moniteurs d'entraînement physique militaire et sportive et régi par la directive n°729/DEF/EMAA/B.EMP/E3/SPORTS du 5 avril 1995 portant sur la formation spécifique des moniteurs au sport PN. Un entraînement régulier est nécessaire car l'effet bénéfique retiré est transitoire.

Cet entraînement doit être plurimodal : en endurance (aérobie) et en résistance (anaérobie) sur au moins 12 mois <sup>(49)</sup>. La musculation du corps entier est primordial pour les manœuvres anti-G en plus du renforcement de la musculature de la sangle abdominale et rachidienne. Cet entraînement permet d'augmenter la durée de la tolérance lors des manœuvres de combat aérien simulé pour éviter une perte de connaissance et augmenter la saturation en oxygène sous facteur de charge élevé. Il est admis qu'un entraînement en endurance seul n'augmente pas la tolérance au facteur de charge et prédisposerait à des troubles du rythme cardiaque en agissant sur la balance

sympathique et parasympathique <sup>(32)</sup>. En pratique, il est conseillé de pratiquer de la course à pied sans dépasser 24 km hebdomadaires en suivant un entraînement basé sur du fractionné (interval training), associée à la pratique régulière de la musculation et du gainage du corps entier ainsi que des techniques d'optimisation de potentiel (TOP) comprenant de la relaxation et de la récupération.

### *II.3.c.2 Activation des muscles du rachis cervical en vol*

Selon des études électromyographiques (EMG) en vol, chaque groupe musculaire est spécifiquement activé pour certains mouvements lors du combat aérien <sup>(41, 42)</sup>. Le rôle des muscles du rachis cervical est la protection et la stabilisation du cou et de la tête en vol <sup>(37)</sup>. Les extenseurs du cou sont le plus grand support contre la gravité, notamment le groupe des érecteurs du rachis cervical avec une plus faible contribution du muscle trapèze. Les muscles fléchisseurs du cou et les muscles fléchisseurs latéraux sont plus faibles que les extenseurs même si le sterno-cléido-mastoïdien est très sollicité lors du combat aérien <sup>(10)</sup>.

La force musculaire de la chaîne cervicale chez les pilotes de chasse est supérieure à celle de sujets témoins de la population générale <sup>(40, 43)</sup>. La mise en jeu de la musculature cervicale lors des vols serait aussi responsable d'une musculature de la chaîne cervicale plus développée que dans la population générale <sup>(8)</sup>. Cependant, en 2003, une étude portant sur les effets des accélérations sur les muscles du cou démontre que la force musculaire du rachis cervical des pilotes ne diffère pas de celle des non pilotes <sup>(2)</sup>.

### *II.3.c.3 Programme de renforcement musculaire du cou*

De nombreuses études recommandent la mise en application de programmes de renforcement musculaire spécifique du rachis cervical <sup>(2, 29, 36, 37, 38)</sup>. Ces programmes, qui doivent être intégrés au planning d'entraînement individuel des PN, permettraient de renforcer la musculature du rachis cervical, de diminuer leur fatigabilité et donc de réduire les cervicalgies <sup>(12)</sup>. Ces exercices de mise en condition cervicale devraient être spécifiques et intenses chez les PN de l'aviation de chasse pour possiblement prévenir les cervicalgies <sup>(10)</sup>. Mais la pratique de ces exercices permettant la protection contre les douleurs cervicales sont aussi responsables d'une fatigue musculaire à risque de lésions et ne devrait pas être réalisée pendant les phases d'entraînements en vol sous facteur de charge élevé <sup>(25)</sup>.

Une étude, portant sur l'évaluation de la résistance des muscles du cou face à l'accélération sur un trampoline lors du port du casque et des JVN, promeut l'utilisation de ce sport pour entraîner les muscles cervicaux à maintenir la posture de la tête durant la première seconde sous facteur de charge et favoriser le développement de l'adaptation neuromusculaire<sup>(39)</sup>. L'adaptation neuromusculaire sous accélération est un élément majeur et serait en cause dans les cervicalgies en cas de non anticipation<sup>(28, 9)</sup>. Il faut deux secondes entre l'accélération et la réponse EMG maximale, ce délai est trop long pour des avions avec des accélérations de + 9Gz/s<sup>(10, 40)</sup>.

Des techniques de positionnement de la tête en vol sont naturellement utilisées par les PN pour diminuer l'effet de l'accélération sur les muscles du rachis cervical. Ils positionnent leur tête avant l'application de l'accélération et ce jusqu'à la fin de cette dernière<sup>(26)</sup>. Ils peuvent également mouvoir la tête plan par plan ou utiliser d'autres techniques comme par exemple appuyer ou caler la tête contre les structures de l'appareil tels que le siège éjectable ou la canopée du cockpit<sup>(2)</sup>.

#### *II.3.c.4 Echauffements et étirements spécifiques*

En plus de l'entraînement physique "global", il est donc conseillé de réaliser un entraînement spécifique des muscles du rachis cervical avant et pendant le vol. Un échauffement doit être réalisé au sol avant chaque vol. En cas de vol à +4G, le G-warm up doit être pratiqué. Cela consiste à effectuer un virage sous faible facteur de charge afin de prendre conscience de la bonne exécution des manoeuvres musculo-respiratoires et de tester les équipements anti-G suivi d'un virage sous facteur de charge élevé afin d'évaluer la tolérance du jour<sup>(32)</sup>. Une fois le vol terminé, au sol, les étirements sont recommandés ainsi que la récupération musculaire. Les étirements améliorent les performances des muscles du rachis cervical, ce qui est nécessaire sous facteur de charge pour prévenir les lésions cervicales causées par les accélérations<sup>(12, 25, 28)</sup>. Les étirements avant et après le vol seraient donc bénéfiques sur la prévention des blessures<sup>(33, 34)</sup>. Néanmoins, il existe des études contradictoires et même si la plupart des pilotes réalisent les étirements avant le vol, ce n'est pas significatif sur la survenue ou non de cervicalgies<sup>(1, 35)</sup>. Une étude sur les étirements par traction cervicale après les vols n'a pas démontré de différence significative sur les cervicalgies en cas d'usage régulier de l'appareil de traction cervicale ou en cas de non utilisation<sup>(11)</sup>.

### *II.3.c.5 Musculature cervicale et cervicalgie chez les PN*

Les études ne retrouvent pas de différence significative de force musculaire des muscles du cou entre un groupe sain et un groupe souffrant de douleurs cervicales <sup>(12, 38)</sup>. Les mêmes résultats sont retrouvés dans des études EMG chez des pilotes avec des cervicalgies, des pilotes sans douleur cervicale et des sujets témoins non pilotes <sup>(42, 43, 44)</sup>. Ces études analysent les performances musculaires dans chaque plan et pour chaque groupe musculaire.

Une étude comparant un groupe de pilotes entraînés par moniteur et un groupe entraînés seuls ne retrouvait pas de différence significative sur la fréquence de survenue des cervicalgies, bien que les auteurs trouvaient une différence de force musculaire entre les deux groupes <sup>(43)</sup>. Une étude randomisée sur le contrôle postural ne retrouvait pas de différence significative entre les PN souffrant de cervicalgies et les PN ne présentant pas de douleur <sup>(45)</sup>.

Ces études n'ont pas montré de lien entre l'importance de la force musculaire des muscles du rachis cervical et la survenue de cervicalgies.

### II.3.d Manoeuvres anti-G

L'exposition répétée aux accélérations nécessite l'apprentissage des manœuvres musculo-respiratoires de protection anti-G. Elles sont un moyen actif de protection contre le facteur de charge et les troubles hémodynamiques qui en découlent. Elles correspondent à la mise en œuvre des muscles abdominaux, des membres inférieurs et des muscles respiratoires. Cette pratique est reconnue pour entraîner une fatigue musculaire particulièrement au niveau des muscles du rachis cervical <sup>(31)</sup>.

Le PN co-contracte les muscles suscités en pratiquant une surpression thoracique par blocage respiratoire (manœuvre de Valsalva, figure 5). Ces manœuvres sont fatigantes et obligent le PN à gérer son effort. Elles nécessitent un apprentissage pour pouvoir être effectuées de façon optimale. L'effet des manœuvres anti-G est transitoire car elles ne peuvent pas être maintenues longtemps, le PN doit réaliser des reprises inspiratoires rapides toutes les deux à trois secondes. L'efficacité des manœuvres est maximale entre + 1,5 et + 4 G.



Figure 5 : Photographies en vol d'un PN sous facteur de charge <sup>(31)</sup>

Le risque d'incapacité subite engendrée par une perte de conscience sous facteur de charge peut mettre en jeu le pronostic vital. Aussi, un passage obligatoire en centrifugeuse (figure 6) à l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA) à Brétigny-sur-Orge leur permet d'atteindre leur limite et de prendre conscience de l'intérêt capital des manœuvres de protection anti-G.



Figure 6 : Photographie d'une centrifugeuse mise en service en 1999

### II.3.e Equipement du personnel navigant

Au delà des tâches complexes qui incombent au PN dans le cockpit, son équipement est souvent source d'inconfort et de contraintes pour le rachis cervical. Une partie de l'équipement du PN est immuable tel que :

- la combinaison de vol,
- le pantalon anti-G,
- le gilet de combat pour les pilotes de Rafale,
- la Mae West (gilet) pour les aéronefs autre que le Rafale,
- le port du casque avec masque à oxygène est obligatoire pour lutter contre l'hypoxie.

Le pantalon anti-G permet l'augmentation du retour veineux cardiaque et l'augmentation des résistances vasculaires périphériques. Il apporte une protection de l'ordre de 1,5 à 2,5 G. Le poids approximatif total de cet équipement est de 25 kg (figure 7). Le pilote doit évoluer dans un environnement confiné où son équipement limite ses mouvements et plus spécifiquement, le harnais et le gilet de combat compriment ses épaules et le gênent dans les mouvements du haut du corps et de la tête.



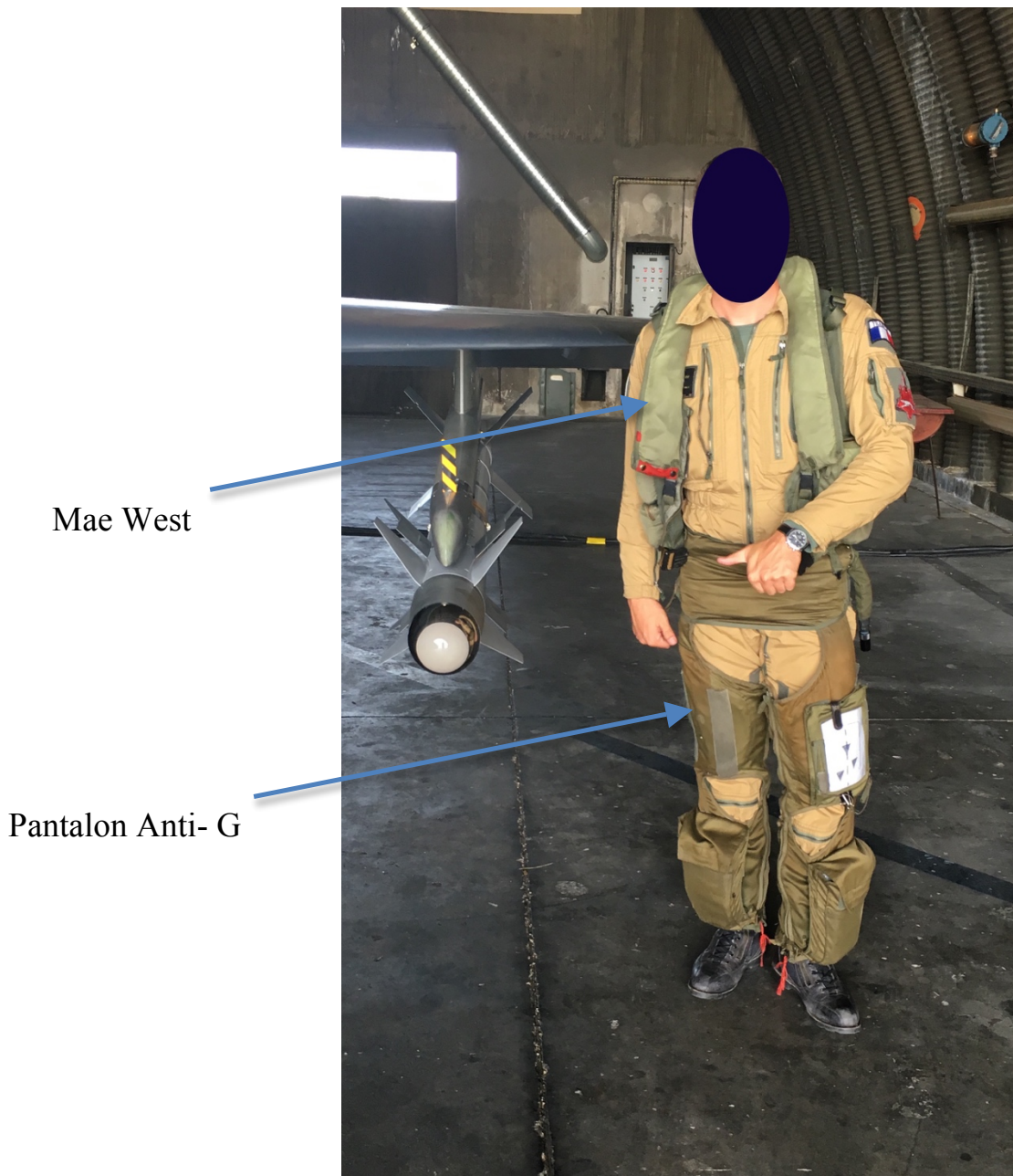


Figure 7 : Photographie d'un PN de l'aviation de chasse portant son équipement de vol

A cet équipement s'ajoutent les jumelles de vision nocturne <sup>(15, 44, 46)</sup> qui ont deux inconvénients lors des vols de nuit. D'abord elles entraînent un déplacement du centre de gravité de l'ensemble de la tête vers l'avant. Puis elles restreignent le champ visuel du pilote ce qui a pour effet une mobilisation de l'ensemble tête-cou pour balayer

l'espace visuel alors que cela est réalisé par une simple mobilité des yeux en vol de jour (39, 46). Cela impose une surcharge de travail pour les muscles cervicaux.

Il est décrit que les cervicalgies sont aggravées par le port d'équipement de tête et surtout par les jumelles de vision nocturne (2, 9, 12). Le poids des JVN est de 665g en ordre de marche. Le poids de la tête avec les équipements de tête est d'environ 50 à 70 kg sous facteur de charge (9). Une étude EMG corrobore ces résultats, la réduction du poids du casque préviendrait en partie les cervicalgies aiguës en vol (27). Tandis que l'augmentation du poids de l'équipement de tête induit un accroissement de l'activité des muscles du rachis cervical et des douleurs cervicales (29).

Dans l'armée française, l'équipement du PN a été amélioré il y a plusieurs années avec le remplacement du casque de type « Gueneau » par le casque « Gallet », plus léger et avec de meilleures qualités d'écoute, ou encore l'amélioration des jumelles de vision nocturne.

Il a été étudié en 2008, la charge imprimée sur les muscles du rachis cervical et dorsal durant un vol sous facteur de charge élevé avec le port de ceintures lombaires (47). La ceinture lombaire soulage les douleurs en vol et diminue la fatigue des muscles du cou et du dos, en contrepartie, elle diminuerait la force musculaire de ces muscles mais les résultats de cette étude ne sont pas statistiquement significatifs.

### II.3.f Inclinaison du siège éjectable

L'inclinaison du siège éjectable est un facteur passif de lutte contre le facteur de charge. La modification ergonomique du siège est une différence majeure entre les avions d'ancienne et de nouvelle génération (9, 14, 25).

L'inclinaison du siège absorbe les accélérations et optimise la tolérance cardiovasculaire du pilote face au facteur de charge mais augmente la flexion du rachis cervical (figure 8).

Cette relation entre l'angle du siège et la flexion cervicale est expliquée physiologiquement par le réflexe opto-cinétique qui fait suivre au regard le parcours d'un objet en mouvement. Ce réflexe est nécessaire pour garder intacte la conscience de l'environnement et ce jusqu'à 45 degrés d'inclinaison. Une inclinaison du siège à 30 à

32 degrés impose une flexion cervicale de 15 degrés pour assurer l'horizontalité du regard en vision tête haute (VTH). Cet angle d'inclinaison du siège de 32 degrés est le plus adapté pour protéger le pilote des effets de l'accélération et permettre une bonne visibilité latérale.

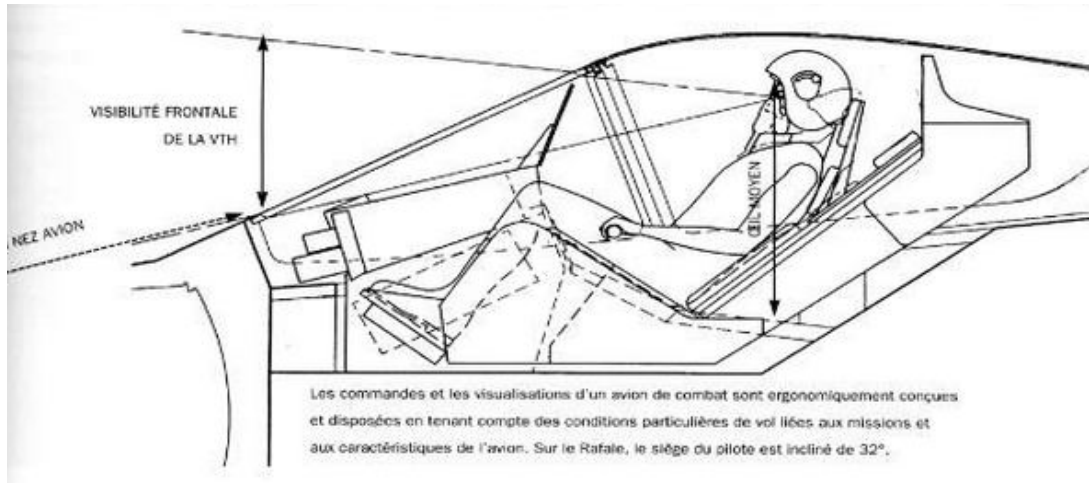


Figure 8 : Schéma de la position du pilote dans le cockpit du Rafale

L'inclinaison du siège permet de diminuer le niveau de Gz subis par la formule mathématique : nombre de Gz x cos angle  $\alpha$  (figure 9) <sup>(32)</sup>.

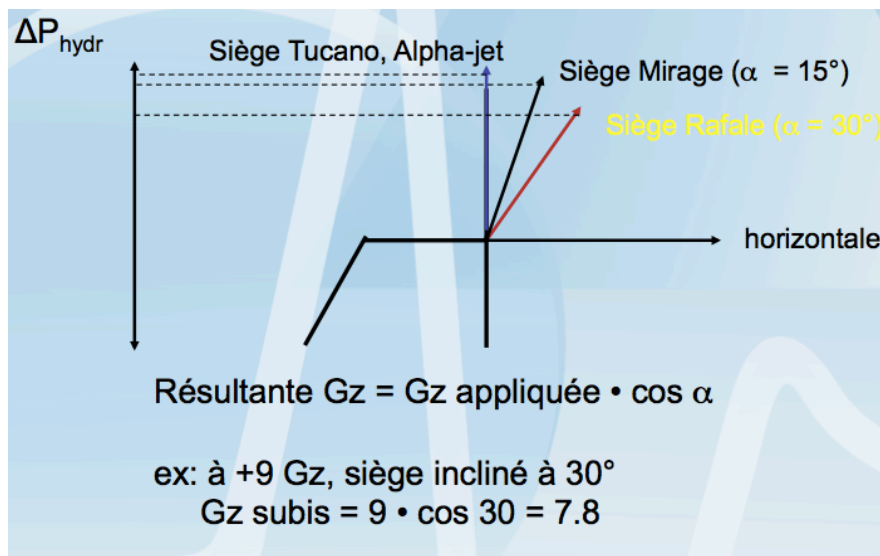


Figure 9 : Schéma de l'inclinaison du siège éjectable <sup>(32)</sup>

L'étude de l'inclinaison des sièges éjectables du F-16 et F-15 ne retrouvait pas de différence significative dans la survenue de cervalgies <sup>(1, 14)</sup>. Le siège du F-16 incliné

de 30 degrés et celui du F-15 incliné de 13 degrés ont une similitude avec le siège éjectable du Rafale (MK 16) incliné de 30 degrés et celui du Mirage 2000 (MK 10) incliné de 15 degrés.

## **II.4 Les contraintes posturales du PN en mission**

Les avions de nouvelle génération réalisent différents types de missions <sup>(9, 48)</sup> plus ou moins à risque de cervicalgies.

### II.4.a Missions de reconnaissance ou de bombardement

Ces missions consistent à effectuer une navigation précise à très basse altitude au-dessus d'un territoire afin de le survoler. Ces missions exposent peu le pilote à des accélérations de haut niveau (sauf en cas d'évitement) mais plutôt à des vibrations de basse fréquence appelées « buffeting » qui imposent malgré tout des effets non négligeables sur le rachis cervical.

### II.4.b Missions d'appui au sol (CAS Close Air Support) ou de désignation au pod laser

Durant ce type de mission, le PN passe plusieurs dizaines de minutes en rotation unilatérale du rachis cervical.

### II.4.c Missions de défense aérienne

Aussi appelé le « dogfight », cela consiste à intercepter des avions « intrus » pour les identifier, voire les détruire. Les pilotes utilisent d'abord des missiles longue portée puis débutent le combat tournoyant. Le pilote doit se placer en poursuite derrière la cible pour la désigner au radar d'attaque du système d'arme avec un alignement parfait de la cible dans les viseurs. La cible se soustrait à la menace par des manœuvres d'évitement plus ou moins brutales. Il importe pour leur survie que les protagonistes gardent en

permanence leur adversaire en vue quelque soit son évolution dans l'espace. Les facteurs de charge particulièrement élevés pendant cette phase de vol s'appliquent dans la majorité des cas sur des rachis cervicaux en rotation axiale sous maximale ou maximale (« check six » ou surveillance des arrières, figure 10), ou en mouvement dynamique de repositionnement lors des manœuvres de renversement. Ces missions de combat à vue sont présumées les plus à risque de cervicalgies.



Figure 10 : Position en rotation et extension maximale au cours d'un combat tournoyant aérien

#### II.4.d Contraintes posturales

Les contraintes posturales engendrées dans ces phases de manœuvre sont telles qu'il existe une incompatibilité fonctionnelle pour les pilotes à garder simultanément leur mobilité du cou, pour ne jamais perdre de vue l'adversaire, tout en « verrouillant » leurs muscles, pour soutenir le rachis cervical soumis aux facteurs de charge élevés <sup>(14, 40, 48)</sup>. La position en rotation et extension de la tête est maintenue pendant 30% du vol en combat, c'est l'une des positions les plus à risque de cervicalgies <sup>(9, 25)</sup>.

Le combat aérien ou les manœuvres en vol seraient également un facteur aggravant des cervicalgies du fait du manque d'anticipation de la contraction de la musculature

cervicale <sup>(1, 14, 36)</sup>. Une étude de 2003 a mis en évidence le risque de lésions des tissus mous (muscles et ligaments versus vertèbres et moelle épinière) du cou lors des accélérations non attendues tel que c'est le cas pour le PN qui ne pilote pas sur biplace : instructeur ou NOSA <sup>(10)</sup>. Dans ce cas, les douleurs peuvent être ressenties sous une faible accélération <sup>(25, 26)</sup>. Les NOSA sont une population plus à risque de cervicalgies qu'il faut prendre en charge le plus précocement possible pour maintenir leur capacité opérationnelle <sup>(15)</sup>.

#### II.4.e Cas particulier du pilote de l'aéronavale

Notons le cas particulier du pilote de l'aéronavale au cours du catapultage et de l'appontage sur porte-avions, contraints à des niveaux d'accélération importants au cours de ces manœuvres.

## **II. 5 Autres méthodes de prévention**

#### II.5.a Impact de la médecine manuelle

En 2005, au CPEMPN de Percy, 24% des 451 pilotes de chasse interrogés avaient recours à l'ostéopathie <sup>(50)</sup>. Une étude de 2006 réalisée dans les CEMPN de Bordeaux et Toulouse retrouvait que chez les 176 pilotes de chasse souffrant de troubles musculo-squelettiques, 15,3% d'entre eux ont consulté un kinésithérapeute et 18,2% ont consulté un ostéopathe. Les pilotes de chasse sont les PN les plus utilisateurs de techniques physiques <sup>(48, 51)</sup>.

Deux PN ont rédigé leur thèse de chefs de patrouille sur le mal de dos et ils soulignent l'intérêt de l'ostéopathie ainsi que l'utilisation croissante de cette dernière par les pilotes de chasse <sup>(30, 52)</sup>.

Un mémoire d'ostéopathie a été réalisé en 2015 sur la base aérienne 116 de Luxeuil-Saint-Sauveur pour l'obtention du diplôme d'ostéopathie. L'étude clinique a été réalisée sur huit pilotes de chasse sur Mirage 2000 qui présentaient des rachialgies. Ils ont

bénéficié de deux consultations à un mois d'intervalle et l'auteur note un effet bénéfique du traitement ostéopathique avec une diminution de la douleur <sup>(53)</sup>.

Selon une autre étude réalisée au CPEMPN de Percy pour le diplôme interuniversitaire d'ostéopathie qui interrogeait tous les PN consultant au CPEMPN (pilotes de chasse ou de transport, navigateurs...) 62% des 465 répondant ont eu recours à des consultations d'ostéopathie pour des douleurs rachidiennes. La consultation est à 46,5% motivée par des problèmes sur les vertèbres cervicales <sup>(54)</sup>.

Dans la prise en charge des douleurs cervicales, les PN ont de plus en plus recours aux thérapies physiques et manuelles. L'ostéopathie y semble tenir une place particulière.

Depuis plusieurs années, la Direction régionale du service de santé de Metz a mis en place des masseurs-kinésithérapeutes réservistes au sein des escadrons de chasse soutenus par les Centres médicaux des armées (CMA) de Nancy et de Saint-Dizier.

Cette décision a été prise suite au retour d'expérience de l'opération Harmattan du déploiement de masseur-kinésithérapeute du service de santé des armées par l'EMO-Santé au profit des PN (Message 215300340/CFA/CHASSE/CDT du 08 avril 2011) <sup>(55)</sup>.

Chaque PN déployé consultait en moyenne tous les deux jours, entre deux vols pour des échauffements avant les vols (mobilisation progressive ou des étirements actifs et dynamiques) ainsi que pour des massages décontractants et des étirements passifs après les vols.

Les CMA de Nancy et St Dizier ont été équipés de salles de kinésithérapie et des kinésithérapeutes y ont des vacations régulières. Un travail collaboratif entre les médecins chargés du PN et les kinésithérapeutes a permis de créer une formation initiale sur les contraintes aéronautiques subies par les PN. De plus, cette collaboration a favorisé un meilleur suivi des PN sur le terrain, en OPEX et le développement d'un programme de prévention des troubles musculo-squelettiques.

## II.5.b A l'avenir

Les cervicalgies chez les équipages navigants préoccupent la communauté internationale. L'OTAN a mis en place des groupes de travail d'experts dont un en particulier « HFM-252 RTG Aircrew Neck Pain » s'intéresse à la prise en charge des cervicalgies dont les conclusions sont attendues pour avril 2017 <sup>(6)</sup>.

Ce groupe de travail doit évaluer :

- Une bibliographie complète des recherches sur les cervicalgies
- Des lignes directrices pour comprendre les problématiques des cervicalgies
- Des recommandations sur les casques
- Des procédures d'équipage révisées qui réduisent la charge cervicale
- Des exercices recommandés pour réduire les douleurs cervicales
- Les caractéristiques de la masse des futurs casques
- Des dispositifs de maintien du casque
- Des solutions d'ergonomie et d'ingénierie.



# ETUDE

## JUSTIFICATION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

---

Les cervicalgies représentent un problème courant rencontré par le PN sur avion de chasse <sup>(48)</sup>. De nombreuses études menées à l'étranger relevaient une prévalence non négligeable des douleurs cervicales chez le PN de l'aviation de chasse (tableau 1).

La question n'a pas été posée de manière exhaustive en France <sup>(9, 15, 24, 57)</sup> et reste relativement peu étudiée sur les aéronefs modernes utilisés actuellement par l'Armée Française tels que le Mirage 2000 ou le Rafale. Ces avions aux performances accrues imposent des contraintes posturales et rachidiennes importantes aux pilotes qu'il semble intéressant d'étudier en fonction des missions réalisées.

**Nous proposons les résultats d'une enquête épidémiologique dont l'objectif principal était de décrire la prévalence des cervicalgies chez le personnel navigant de l'aviation de chasse en France.**

Les objectifs secondaires seraient :

- **de déterminer des facteurs favorisants potentiels**
- **d'évaluer le retentissement professionnel des cervicalgies**
- **de proposer des recommandations visant la prévention de ces douleurs**

## **MATERIEL ET METHODE**

---

Il s'agit d'une enquête observationnelle multicentrique basée sur le sondage d'une cohorte par un questionnaire anonyme.

### **I. Echantillon et caractéristiques de la population**

La population cible de l'étude était celle des personnels navigants de l'aviation de chasse (pilotes et NOSA) de l'armée de l'air et de la marine en activité. Les questionnaires anonymes ont été distribués dans les Centres d'Expertise Médicaux du Personnel Navigant (CEMPN) de Clamart, Toulon et Bordeaux, auprès du groupe embarqué de l'aéronavale ainsi que dans les escadrons de chasse après accord du commandant de l'Etat Major de l'Armée de l'Air, Bureau Maîtrise des Esquies (Annexe 1). L'enquête a été menée entre le 1<sup>er</sup> mai 2016 et le 31 juillet 2016.

Dans les CEMPN, le questionnaire était distribué à tout PN de la spécialité chasse venant pour leur visite d'aptitude, ils étaient conviés à participer à l'étude de manière anonyme et à déposer le questionnaire rempli dans une urne à la sortie. Dans les escadrons, nous avons transmis les questionnaires aux Officiers Sécurité des Vols (OSV) qui se chargeaient de distribuer les questionnaires dans les escadrons. Les OSV étaient nos interlocuteurs pour la bonne coordination de la distribution et du recueil des questionnaires.

Il a été demandé aux PN de ne remplir le questionnaire qu'une seule fois, en escadron ou au sein des CEMPN s'ils avaient leur visite en centre durant cette période.

Les critères d'inclusion étaient :

- D'être PN de l'aviation de chasse (pilote ou NOSA) en activité ou « abonné », consultant pour une visite d'aptitude dans les CEMPN de Clamart, Bordeaux ou de Toulon durant la période d'étude,
- D'être PN de l'aviation de chasse présent au sein des escadrons de chasse au moment du recueil des données.

L'échantillon souhaité était un échantillon représentatif approchant la totalité des personnels navigants de l'aviation de chasse de l'Armée française.

## II. Elaboration du questionnaire

L'objectif principal du questionnaire était d'évaluer la prévalence des cervicalgies et de rechercher des facteurs favorisants potentiels. Le questionnaire a été élaboré pour cette étude. Il s'inspirait de questionnaires utilisés dans des études précédentes<sup>(1, 3, 14)</sup>, validés dans les cervicalgies.

Il a été soumis à relecture par les médecins référents des CEMPN ainsi que par les conseillers santé du Commandement des Forces Aériennes préalablement au début de l'enquête. Une dizaine de questionnaires a été rempli par des patients « test » venus consulter au CPEMPN de Clamart afin de vérifier la pertinence et la compréhension des questions. Celui-ci est présenté dans l'annexe 3.

Le questionnaire se compose de onze parties. Un texte d'introduction présentait brièvement l'objectif de l'étude et son caractère anonyme.

- Un recueil de **données anthropométriques** (questions 1 à 3)

Cette partie a pour objectif de définir les caractéristiques médico-militaires du PN en termes de sexe, âge, poids et taille. Le mode de vie était évalué sur la consommation tabagique et la durée du sommeil.

- Une partie sur le **parcours aéronautique** (questions 4 à 11)

Cette partie s'intéressait au statut du PN (pilote ou NOSA) ainsi qu'à son armée d'appartenance. Le parcours aéronautique civil et militaire était évalué sur le nombre d'heures de vol, les différents aéronefs pilotés au cours de la carrière et la quantification des vols sous facteur de charge élevé.

- Une partie sur le **profil physique et sportif** (questions 12 à 17)

Dans cette partie était étudiée l'activité physique globale du PN ainsi que le sport le plus pratiqué.

- Une évaluation de la **connaissance des mesures posturales** (questions 18 à 22)

Cette partie s'intéressait à la connaissance et à la pratique des mesures de prévention posturales qui sont enseignées aux PN à l'Ecole de l'Air.

- Une partie sur les caractéristiques générales des **douleurs cervicales** le cas échéant (questions 23 à 32)

L'antécédent de traumatisme cervical était demandé afin d'établir une corrélation entre cette information et les réponses suivantes.

A partir de la question 26, les personnels qui n'avaient jamais été confronté à des douleurs cervicales étaient conviés à passer directement à la question 58.

Les PN qui déclaraient souffrir de douleurs cervicales étaient interrogés par des questions fermées sur les circonstances de survenue, l'évolution et la durée des douleurs cervicales.

- Une partie sur la **survenue** des douleurs cervicales (questions 33 à 36)

Cette partie s'intéressait plus particulièrement au moment de la survenue des douleurs (en vol, à l'issue du vol...) et aux facteurs ayant pu déclencher ses douleurs (équipement particulier, type de mission, posture du PN...)

- Une partie sur la **fréquence et l'intensité** de ces douleurs (questions 37 à 39)

La fréquence de survenue était évaluée par des questions fermées. L'intensité de la pire douleur cervicale ressentie était notée à l'aide d'une échelle numérique de 0 (aucune douleur) à 10 (pire douleur imaginable).

- Une partie sur le **retentissement** des douleurs cervicales

Dans cette partie, le retentissement était évalué par une échelle numérique de 0 (aucun retentissement) à 10 (retentissement néfaste majeur) en terme de capacité de concentration, de sommeil, d'accomplissement des actes de la vie quotidienne et de

mise en jeu de la sécurité des vols. Les conséquences de ces douleurs sur l'aptitude au vol étaient appréciées par une question fermée (annulation du vol, inaptitude...) et par une question ouverte sur la durée de l'inaptitude médicale temporaire de vol.

- Une partie sur la **consultation médicale et la prise en charge** (questions 48 à 57)

Cette partie évaluait vers quel praticien se tournait le PN pour ses douleurs ainsi que la prise en charge entreprise (examens, traitement médicamenteux, thérapie manuelle...).

- Une partie sur l'évaluation de la **prévention** (questions 58 et 59)

Chaque participant était invité à répondre à ces questions. Une question fermée évaluait l'amélioration possible de la prévention des cervicalgies.

- La dernière partie sur les **facteurs d'environnement** (questions 60 à 69)

Cette partie avait pour objectif d'évaluer les facteurs psycho-sociaux pouvant avoir une influence sur la survenue de cervicalgies. Il était demandé la durée hebdomadaire passée au travail et en vol ainsi que la durée quotidienne passée sur l'ordinateur. Une auto-évaluation de la fatigue physique, de la fatigue psychique, de la satisfaction au travail, de la pression exercée au travail ainsi que des perspectives d'avenir est réalisée sur une échelle allant d'excellent à très mauvais.

- Une plage de remarques libres était laissée à disposition des interrogés.

### **III. Méthode d'analyse statistique**

Les questionnaires ont été élaborés sous le logiciel Sphinx IQ® et saisis au fur et à mesure par le même investigateur. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Sphinx IQ® et Sigma Plot®.

Le test d'analyse statistique utilisé est le test du Chi<sup>2</sup> pour lequel **le seuil de significativité a été fixé à p <0,05.**

# RESULTATS

---

## I. Caractéristiques de la population générale

Les questionnaires ont été envoyés aux Officiers Sécurité des Vols (OSV) dans les escadrons de chasse et aux médecins référents des CEMPN. L'échantillon total comportait 311 questionnaires recueillis entre le 1<sup>er</sup> mai 2016 et le 31 juillet 2016. La figure 11 regroupe la répartition des questionnaires entre les CEMPN de Clamart, Toulon et Bordeaux, les escadrons de chasse de l'armée de l'air (AA) et le groupe aérien embarqué de l'aéronavale.

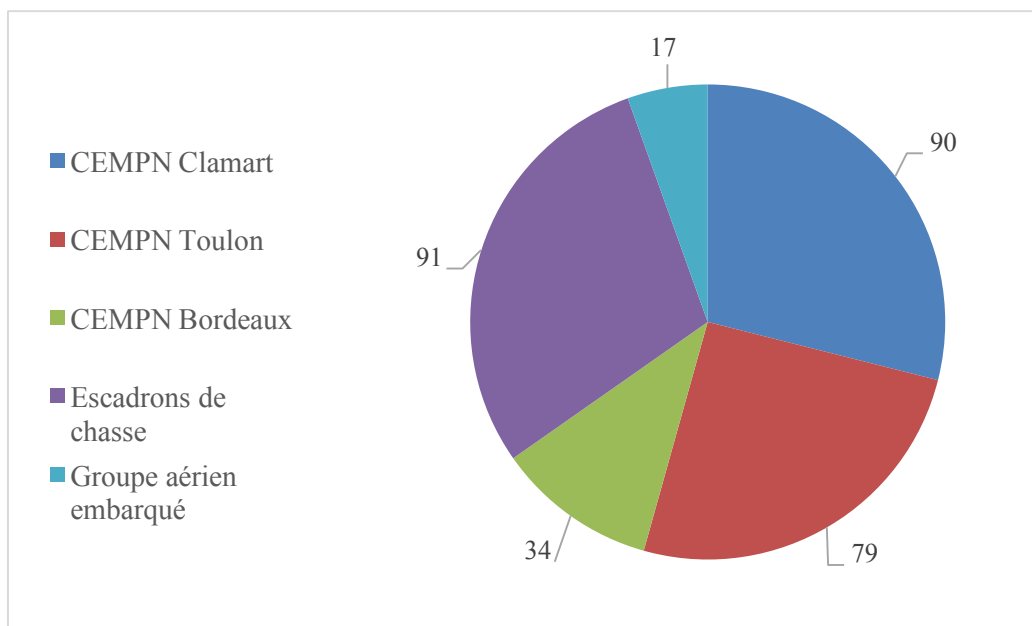


Figure 11 : Répartition des questionnaires dans les différentes structures

## I.1 Données générales

La population totale était constituée de 98,4% d'hommes avec un âge moyen de 36,09 ans (+/- 6,88, [18-59]). L'Indice de Masse Corporelle (IMC) moyen était de 24,09 kg/m<sup>2</sup> (+/- 2,41, [18,52-38,16]).

La population était composée de pilotes de chasse (82,3%, n= 256) et de navigateurs officiers systèmes d'armes (NOSA) (17,7%, n= 55). Les pilotes appartenant à l'armée de l'air (88,1%) étaient majoritaires. L'ensemble des PN de la marine ayant participé étaient des pilotes.

## I.2 Profil physique et sportif

Parmi les PN interrogés, 93,9%(n= 292) déclaraient pratiquer un sport. En terme de volume hebdomadaire de pratique, les PN sportifs déclaraient pratiquer du sport en moyenne 2,85 heures par semaine (+/- 2,21; [0-24]). Ils déclaraient pratiquer le sport en moyenne durant 10,36 mois par an (+/- 2,99; [0-12]). 73,5% des PN déclaraient ne pas pratiquer le sport encadré sur base.

Sur l'ensemble de la population étudiée, la figure 12 présente les résultats des sports les plus couramment pratiqués par les PN chasse. La musculation apparaît comme le second sport le plus pratiqué loin derrière la course à pied.



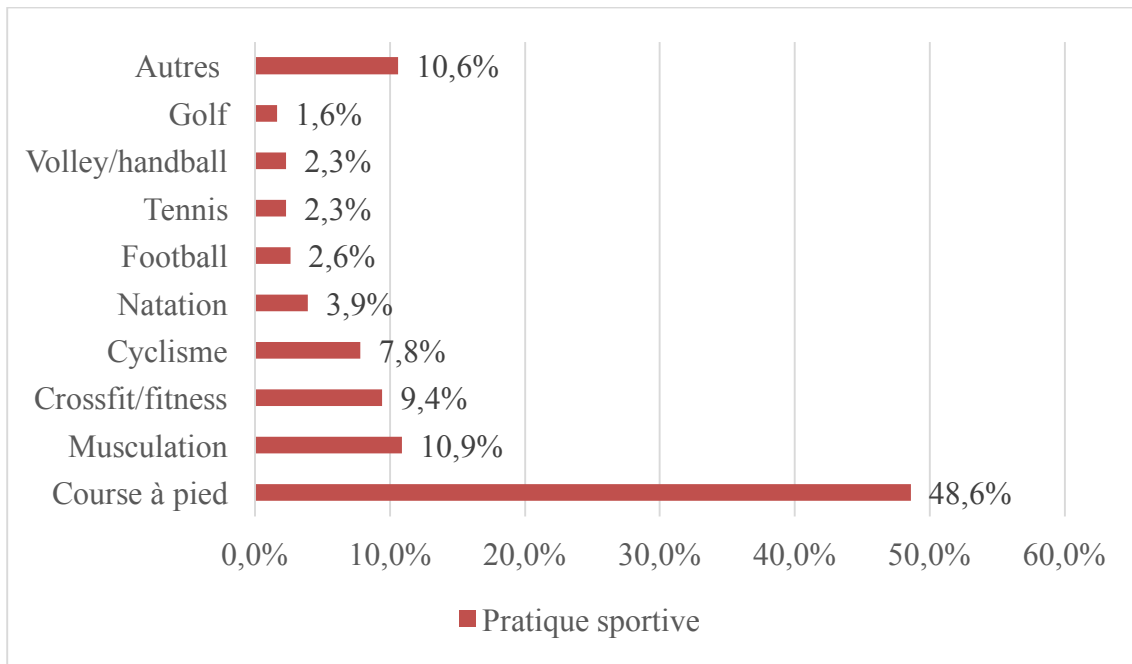


Figure 12 : Répartition de la pratique sportive chez les PN de l'aviation de chasse

### I.3 Profil du parcours aéronautique

- *Pratique militaire*

Le volume total moyen d'heures de vol (HDV) dans le cadre militaire était estimé à 2092,49 heures (+/- 1071,55 ; [150-6100]).

Le tableau 5 compare les caractéristiques générales des PN selon leur nombre d'heures de vol. La comparaison des PN selon leur durée d'heures de vol retrouvait des différences significatives sur le profil des PN : plus le PN avait un nombre d'HDV élevé, plus il était âgé, plus son poste devenait sédentaire (moins d'heure de vol par semaine et plus de travail quotidien sur ordinateur) et plus longue était la durée dans son poste actuel. Les PN ayant entre 1500-2500 HDV sont ceux qui effectuent le plus grand nombre de jours hors métropole. **Il n'était pas mis en évidence de différence significative sur la survenue des douleurs cervicales selon le nombre d'heures de vol.**

	<b>HDV &lt; 1500 h</b>	<b>1500- 2500 h</b>	<b>HDV &gt; 2500 h</b>	
Effectifs	90	99	122	
<b>Douleurs cervicales</b>	58,9% (n=53)	59,6% (n=59)	62,3% (n=76)	NS
Age (années)	29,13+/-2,79	35,25+/-4,24	42+/-5,44	p<0,05
Sexe Masculin	96,7% (n=87)	99% (n=98)	99,2% (n=121)	NS
<b>Spécialité</b>				
Pilote	84,4% (n=76)	88,9% (n=88)	75,4% (n=92)	NS
Navigateur	15,6% (n=14)	11,1% (n=11)	24,6% (n=30)	NS
<b>Armée</b>				
Air	81,1% (n=73)	88,9% (n=88)	92,6% (n=113)	NS
Marine	18,9% (n=17)	11,1% (n=11)	7,4% (n=9)	NS
<b>OPEX (en jours)</b>				
12 derniers mois	49,83+/-65,71	69,2+/-72,29	41,02+/-67,39	p<0,05
24 derniers mois	89,44+/-123,18	118,46+/-116,43	75,49+/-101	p<0,05
Nombre HDV/ semaine (h)	6,09 +/- 5,1	4,61 +/- 2,33	4,27+/- 3,22	p<0,05
Durée sur ordinateur/ jour (h)	3,47 +/- 2,42	4,24 +/- 2,24	5,06+/- 2,58	p<0,05
Durée poste actuel (mois)	27,88 +/- 23,48	40,14 +/- 35,23	55,48 +/- 58,13	p<0,05

Tableau 5 : Comparaison des caractéristiques des PN de l'aviation de chasse en fonction de leur nombre d'heures de vol militaire (p<0,05 et NS= non significatif)

Un seul PN ayant participé à l'étude a subi une éjection au cours de sa carrière, il déclarait souffrir de cervicalgies.

- *Pratique civile*

Parmi les PN interrogés, 188 PN (60,5%) déclaraient avoir volé dans le cadre civil mais seulement 42 PN (13,5%) y pratiquaient de la voltige, ils avaient pratiqué en moyenne 330,66 heures de voltige (+/- 67,50 ; [5-2500]). Les PN pratiquant de la voltige à titre civil ne présentaient pas plus de douleurs cervicales que les autres.

- *Aéronef*

Il a été choisi comme aéronef principal, celui sur lequel chaque PN avait le plus grand nombre d'heures de vol. Le tableau 6 regroupe la répartition des PN sur chaque aéronef.

Aéronef	Effectif	PN ayant eu des douleurs cervicales
Mirage 2000	155	98 (63,2%)
Rafale	92	52 (56,5%)
Mirage F1	12	7 (58,3%)
Jaguar	6	3 (50%)

Tableau 6 : Répartition des PN selon l'aéronef piloté et fréquence de survenue des cervicalgies

**Il n'était pas mis en évidence de différence statistiquement significative sur la survenue de cervicalgies pour les différents aéronefs le plus souvent piloté.**

- *Fréquence des vols sous facteur de charge élevé (à plus de 5 Gz)*

Sur l'ensemble des PN interrogés, 24,8% pratiquaient plus de 2/3 des vols à plus de 5 Gz, 24,5% entre 1/3 et 2/3, de même 24,5% entre 1/10 et 1/3 et enfin, 21,2% pratiquaient moins de 1/10 des vols à plus de 5 Gz.

- *OPEX (Opérations extérieures)*

La durée moyenne en poste PN hors métropole sur les douze derniers mois (OPEX, mission courte durée, embarquement) était estimée à 52,7 jours (+/- 69,33 ; [0 - 365]). Sur les deux dernières années, la durée moyenne hors métropole était estimée à 93,31 jours (+/- 113,93 ; [0 - 730]). **Il n'était pas mis en évidence de différence statistiquement significative sur la survenue de cervicalgies selon le nombre de jours passés hors métropole.**

#### I.4 Mesures posturales

88,4% des PN déclaraient pratiquer les mesures de prévention posturales. Chez les PN déclarant pratiquer les mesures de prévention posturales (échauffement au sol, G-warm up, récupération musculaire et étirements), 83,2% (n = 259) pratiquaient le G-warm up en vol, un quart (25,4%) pratiquaient l'échauffement au sol et 17,7% l'étirement au sol après le vol. Pourtant 65,6% d'entre eux déclaraient ne pas avoir une connaissance suffisante de ces mesures. La figure 13 illustre la fréquence de pratique des mesures de prévention posturales par les PN ayant répondu à la question.

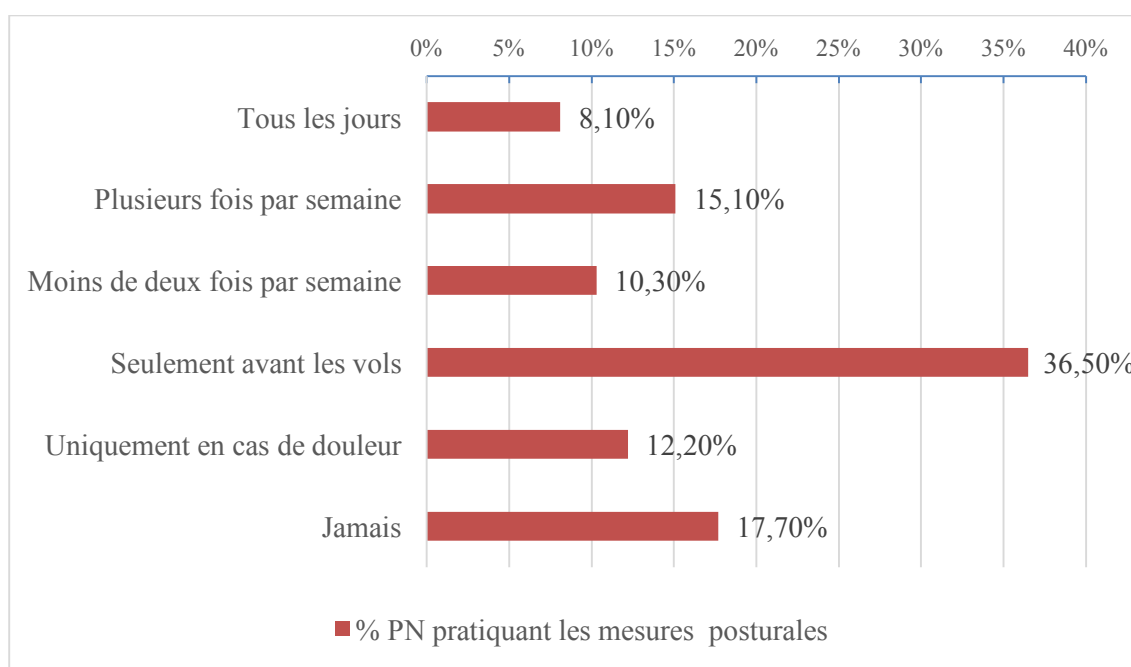


Figure 13 : Estimation de la fréquence de pratique des mesures de prévention posturale

Concernant le travail spécifique des muscles du cou, 40,8% (n= 127) ne le pratiquait pas, 21,2% (n= 66) le pratiquait seul, 9,6% (n= 30) avec un moniteur et 8,3% (n= 26) au cours de séances collectives.

### I.5 Facteurs d'environnement professionnels

La durée moyenne hebdomadaire au travail était estimée à 49,32 heures (+/- 8,96 ; [0-80]). Le volume hebdomadaire moyen de vol était estimée à 4,93 heures (+/- 3,74 ; [0-50]). En terme de temps de travail quotidien devant un ordinateur, les PN déclaraient y passer en moyenne 4,33 heures par jour (+/- 2,51 ; [0-14]). La durée moyenne déclarée dans le poste actuel était de 42,51 mois (+/-44,59 ; [1-240]).

Le tableau 7 illustre l'évaluation des facteurs psycho-sociaux par les PN.

<b>Estimation</b>	<b>Moyenne (de 0 à 4 ou 0 à 10)</b>	<b>Ecart-type</b>
Moral	2,77 (4 = excellent moral)	0,91
Fatigue psychique	2,94 (10 = fatigue extrême)	2,27
Fatigue physique	2,95 (10 = fatigue extrême)	2,00
Satisfaction au travail	5,86 (10 = satisfaction extrême)	2,11
Pression au travail	3,70 (10 = pression intense)	2,13
Perspectives d'avenir	4,99 (10 = excellente perspective)	2,42

Tableau 7 : Evaluation des facteurs psycho-sociaux

## II. Douleurs cervicales, caractéristiques

**Parmi les PN interrogés, 60,4% (n= 188) déclaraient avoir déjà présenté des douleurs cervicales.**

15,4% (n= 48) ont déclarés avoir présenté un antécédent de traumatisme cervical dont le diagnostic lésionnel retenu était pour 70% (n= 35) d'entre eux une simple contracture, pour 20% (n= 10) une entorse, pour 6% (n= 3) une hernie discale et enfin pour 4% (n= 2) une fracture.

### II.1 Survenue des cervicalgies

**67,1% des PN ayant rapporté des douleurs cervicales (n= 127) déclaraient avoir présenté un épisode de douleur dans les douze derniers mois.** Pour 77,1% des PN avec des cervicalgies (n= 144), la douleur était liée aux vols et pour 31,2% (n= 59) aux conditions de couchage.

Les circonstances de déclenchement de la douleur étaient rapportées pour :

- 71,3% (n= 134) durant le vol,
- 58% (n= 109) à l'issue d'un vol,
- 51,1% (n= 96) en dehors des périodes de vol,
- 27,7% (n= 52) en OPEX,
- 2,1% (n= 4) lors d'une séance de simulateur.

Le tableau 8 regroupe les facteurs de déclenchement des douleurs cervicales en vol chez les PN douloureux. Les deux facteurs mis en exergue par les pilotes ayant présenté des douleurs étaient le vol sous facteur de charge et le combat aérien.

	Nombre (n) de PN avec des douleurs cervicales ayant répondu à la question	% de PN avec des douleurs cervicales (sur 188)
<b><u>Équipement particulier</u></b>	n= 103	
JVN		31,9% (n= 60)
Combinaison étanche		4,8% (n= 9)
Gilet de combat		21,3% (n= 40)
Mae-West		15,5% (n= 29)
<b><u>Mission particulière</u></b>	n= 131	
Combat aérien		53,7% (n= 101)
Basse altitude		6,4% (n= 12)
Vol long		25,5% (n= 48)
Pod laser		18,6% (n= 35)
Ravitaillement		2,2% (n= 4)
Vol de nuit		16,5% (n= 31)
Catapultage	n= 2	1,1% (n= 2)
Appontage		0% (n= 0)
<b>Facteur de charge</b>	n= 126	59,6% (n= 112)
<b><u>Position particulière</u></b>	n= 115	
Check-six		32,4% (n= 61)
Extension		5,3% (n= 10)
Flexion		6,9% (n= 13)
Rotation		39,3% (n= 74)
Autre : mission CAS		8% (n= 15)

Tableau 8 : Facteurs déclenchant les cervicalgies en vol

## II.2 Fréquence et intensité des cervicalgies

Concernant la fréquence de survenue des douleurs cervicales, la moitié (52,7%) des PN avec des douleurs cervicales déclaraient les ressentir une à trois fois par an, moins d'une fois par an pour 17,5% d'entre eux, trois à six fois par an pour 16% d'entre eux et plus de six fois par an pour 10,1%.

**Les PN ayant déclarés avoir des douleurs cervicales en vol déclaraient pour 4,8% (n= 9) d'entre eux en avoir à chaque vol.**

La douleur cervicale la plus intense ressentie (0 = aucune douleur et 10 = douleur maximale) était évalué en moyenne à 4,64 (+/- 1,97 ; [1-10]).

### II.3 Evolution des douleurs cervicales

Au cours de l'épisode le plus douloureux, pour 66% (n= 124) des PN avec des douleurs cervicales la douleur a disparu en quelques jours, pour 18,1% en quelques heures, pour En terme de renforcement musculaire du rachis cervical, il ressort que les pilotes déclarant des douleurs pratiquaient ces exercices « seuls » de façon plus fréquente que ceux ne déclarant pas de douleur

### II.4 Retentissement

- *Retentissement sur la mission*

Selon 28,7% (n= 54) des PN ayant présenté des cervicalgies, celles-ci ont eu un retentissement sur la mission menée. Ce retentissement était déclaré comme étant une perte de concentration pour 18% (n= 34) et des difficultés à réaliser la mission pour 16,4% (n= 31). Seulement 5 PN (2,6%) ayant présenté des douleurs cervicales en vol ont déclaré avoir arrêté leur mission à cause de celles-ci.

Une mise en jeu de la sécurité des vols du fait de leur douleur cervicale était estimée par 39,9% (n= 75) des PN qui avaient présenté des cervicalgies. Cette évaluation de la mise en jeu de la sécurité des vols demeurait faible, cotée en moyenne à 3,47 (+/- 2,08; [1-10]) sur une échelle de 0 à 10 (10 = mise en jeu à chaque vol comportant des douleurs).

Lors d'une question ouverte, les raisons de la mise en jeu de la sécurité des vols invoquées étaient une diminution de la mobilité de la tête (n= 16), une perte de concentration (n= 13), et une diminution de la surveillance du ciel (n=3).



- *Retentissement général*

Le tableau 9 illustre le retentissement général moyen des douleurs cervicales chez les PN ayant présenté des douleurs cervicales.

<b>Retentissement des cervicalgies</b>	<b>Moyenne (de 0 à 10, 10 = retentissement majeur)</b>	<b>Ecart-type</b>
Capacité de concentration	2,95	+/- 2,38
Sommeil	3,75	+/- 2,53
Actes de la vie quotidienne	3,59	+/- 2,43
Vie quotidienne	3,42	+/- 2,48

Tableau 9 : Retentissement général des cervicalgies

22,9% des PN qui ont eu des douleurs ont estimés que celles-ci avaient eu une influence sur leur aptitude au vol dont la moitié déclarait avoir annulé leur vol à cause des cervicalgies. Concernant l'aptitude médicale, 10,6% des PN déclarant avoir des douleurs auraient eu une inaptitude médicale temporaire de vol, seulement 1% (n= 2) déclarait avoir été mis en congé maladie et un PN souffrant de cervicalgies, déclarait voler sous dérogation médicale.

La durée moyenne de l'inaptitude temporaire médicale au vol était de 9,3 jours [1-60].

## II.5 Consultation et prise en charge

**69,7% (n= 131) des PN avec des douleurs cervicales déclaraient avoir parlé de leurs douleurs à un professionnel de santé.** L'ostéopathe était le praticien le plus consulté (46,8%, n= 88), suivi du médecin PN (35,7%), du kinésithérapeute (28,2%), du médecin traitant (9%) et, seulement 5,3% en ont parlé au CEMPN.

Concernant la prise en charge thérapeutique, 14,9% (n= 28) des PN ont bénéficié d'une prescription médicamenteuse pour soulager leurs cervicalgies (décontractants

musculaires, antalgiques simples ou anti-inflammatoires). 13,3% (n= 25) des PN déclaraient une automédication pour soulager leurs douleurs. Les effets indésirables déclarés étaient rares (3,7%) et étaient majoritairement des troubles digestifs.

## II.6. Prévention des cervicalgies

Tous les PN ayant participé à l'étude étaient invités à répondre. Une grande majorité (89,4%) des PN interrogés déclaraient penser qu'une amélioration de la prévention était possible par :

- du renforcement postural (74%),
- de la pratique sportive (61,7%),
- l'amélioration des équipements (36,3%),
- une meilleure information (34,4%),
- une amélioration de l'hygiène de vie (19,6%).

## **III. Recherche de facteurs favorisant les cervicalgies : comparaison des pilotes présentant des douleurs cervicales et des pilotes indemnes de cervicalgies**

- *Caractéristiques générales et aéronautiques*

Le tableau 10 compare les caractéristiques générales et aéronautiques des pilotes rapportant des cervicalgies et de ceux sans douleur cervicale.

Il n'est pas mis en évidence de différence significative en terme de caractéristiques générales entre les deux groupes (âge, sexe, nombre d'heures de vol et pratique sportive)

63% (n= 138) des pilotes de l'AA déclaraient avoir des douleurs cervicales contre seulement 40,5% (n=15) des pilotes de la marine ( $p < 0,01$ ).

L'antécédent de traumatisme cervical apparaît comme un facteur de risque de survenue de cervicalgies (22,9% vs 5%).

	<b>Pilotes avec des cervicalgies</b>	<b>Pilotes sans douleurs cervicales</b>	p
Effectif	153 (59,8%)	103 (40,2%)	
<b>Caractéristiques générales</b>			
<u>Sexe</u>			
Homme	150 (98%)	102 (99%)	NS
Femme	3 (2%)	1 (1%)	
Age (années)	35,66 +/-6,08 [25-56]	36,33 +/-8,13 [24-59]	NS
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,92+/-2,08 [18,52-32,37]	24,24 +/- 2,77 [18,81-38,16]	NS
Pratique sportive (heure/semaine)	2,92 +/- 2,36 [0-24]	2,69 +/- 1,61 [0-9]	NS
Fumeur actif	16 (10,5%)	14 (13,6%)	NS
Sommeil (heures)	7,2 +/- 0,64 [6-9]	7,24 +/- 0,66 [6-9]	NS
<b>Caractéristiques aéronautiques</b>			
<u>Armée</u>			
Air	138 (90,2%)	81 (78,6%)	p<0,01
Marine	15 (9,8%)	22 (21,4%)	p<0,01
HDV militaires (en heures)	2124,05 +/-1072,44 [250-6100]	1953,69 +/-1057,21 [150-4800]	NS
HDV civiles (en heures)	251,43 +/-474,69 [2-3000]	239,27 +/- 411,01 [3-2000]	NS
<u>Durée OPEX</u>			
12 mois (en jours)	57,18 +/-71,44 [0-365]	43,87+/- 65,82 [0-365]	NS
24 mois (en jours)	100,2 +/- 18,36 [0-730]	84,12+/-114,50[0-730]	NS
Traumatisme cervical	35 (22,9%)	5 (4,9%)	p<0,01

Tableau 10 : Comparaison des caractéristiques générales et aéronautiques des pilotes avec et sans cervicalgies (p<0,01 et NS = non significatif)

- *Fréquence des vols sous facteur de charge élevé (à plus de 5 Gz)*

La figure 14 illustre la relation entre la fréquence des vols sous facteur de charge à plus de 5 Gz entre les pilotes avec et sans douleur cervicale rapportée. **L'intensité d'exposition au facteur de charge apparaît comme un facteur favorisant de risque de cervicalgies.**

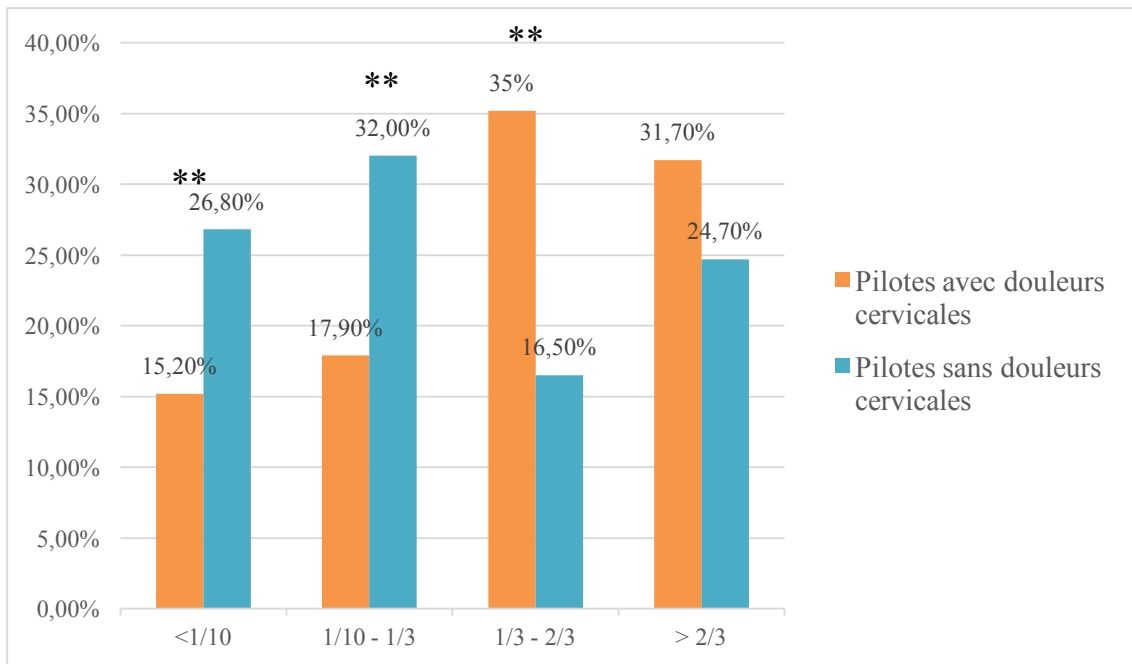


Figure 14 : Comparaison de la fréquence des vols à plus de 5Gz chez les pilotes avec et sans douleur cervicale (\*\* p<0,01)

- *Mesures de prévention posturales*

Les pilotes souffrant de douleurs cervicales étaient plus nombreux à déclarer connaître les mesures de prévention posturales que ceux sans cervicalgies sans que cela soit significatif (66% vs 47,6%). La pratique de ces mesures ne différait statistiquement que sur la réalisation de l'échauffement au sol comme l'illustre le tableau 11 bien qu'une tendance globale à une pratique plus importante des mesures de prévention posturales chez les pilotes souffrant de cervicalgies semble se dégager.

Mesures de prévention posturales	Pilotes avec cervicalgies	Pilotes sans douleur cervicale	p
<b>Effectif</b>	153	103	
Echauffement au sol	49 (32%)	17 (16,5%)	p<0,01
G-warm up en vol	132 (86,3%)	79 (76,7%)	NS
Récupération musculaire	7 (4,6%)	3 (2,9%)	NS
Etirement après le vol	30 (18,6%)	14 (13,6%)	NS
Autre	5 (3,3%)	2 (1,9%)	NS

Tableau 11 : Comparaison de la pratique des mesures de prévention posturales chez les pilotes avec et sans douleur cervicale (p<0,01 et NS : non significatif)

La fréquence de pratique des mesures de prévention posturales déclarée ne retrouvait pas de résultat statistiquement significatif sur la survenue de douleurs cervicales. La figure 15 illustre cette fréquence de pratique chez les pilotes souffrant de cervicalgies et les pilotes sans douleurs cervicales.

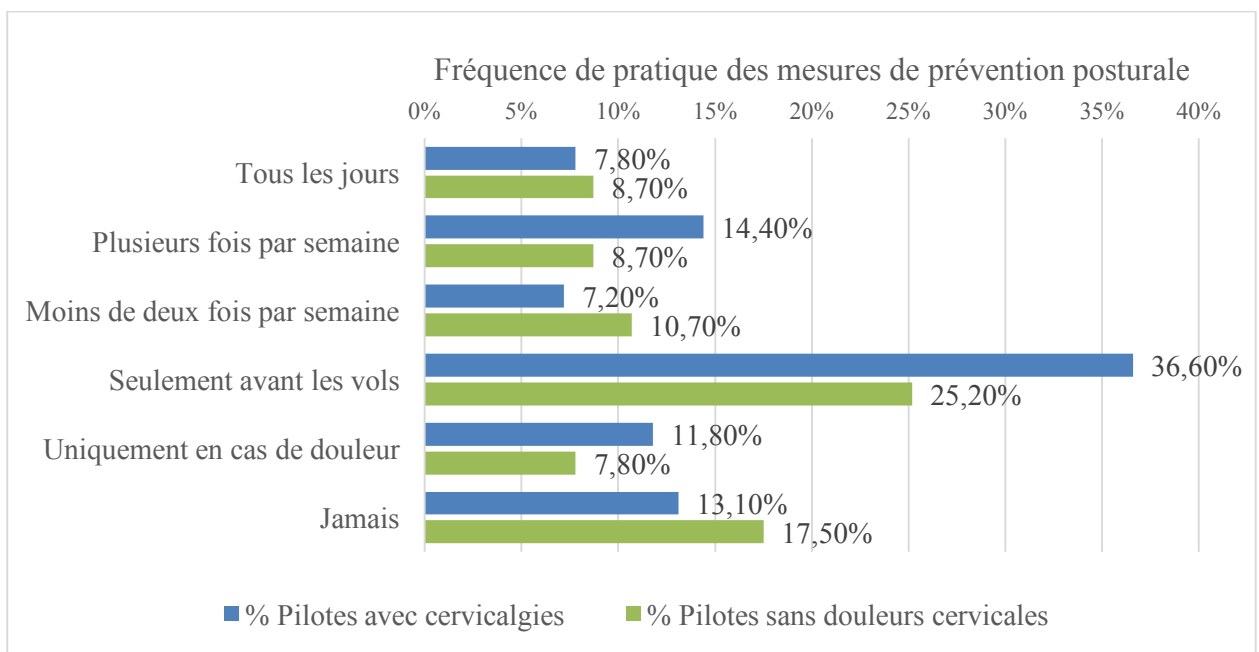


Figure 15 : Comparaison de la fréquence de pratique des mesures de prévention entre les pilotes souffrant de cervicalgies et les pilotes sans douleur cervicale

En terme de renforcement musculaire du rachis cervical, il ressort que les pilotes déclarant des douleurs pratiquaient ces exercices « seuls » de façon plus fréquente que ceux ne déclarant pas de douleur (figure 16).

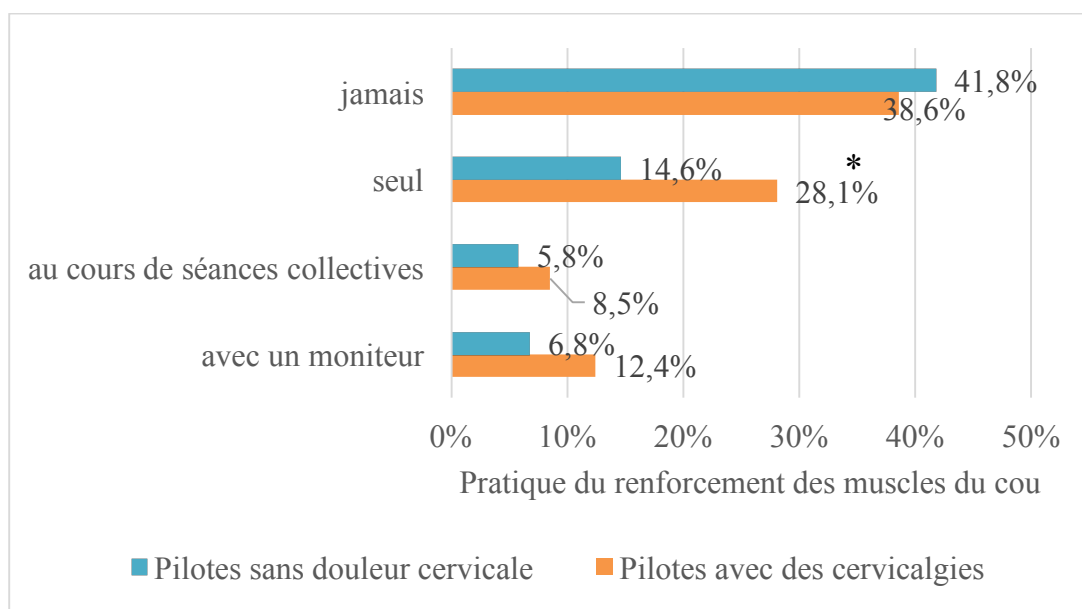


Figure 16 : Comparaison des pratiques de renforcement musculaire des muscles du rachis cervical par les pilotes avec et sans douleur cervicale (\* $p < 0,02$ )

- *Amélioration de la prévention*

Les pilotes ne souffrant pas de douleur déclaraient plus fréquemment qu'une amélioration de la prévention était possible ( $p < 0,05$ ) (figure 17). Les axes d'amélioration proposés diffèrent dans ces deux groupes : les pilotes rapportant des cervicalgies étaient plus nombreux à penser que l'amélioration de la prévention passait par l'amélioration des équipements alors que les pilotes ne présentant pas de douleur étaient plus nombreux à penser que l'amélioration de la prévention passait par une meilleure information et une meilleure hygiène de vie (figure 17).

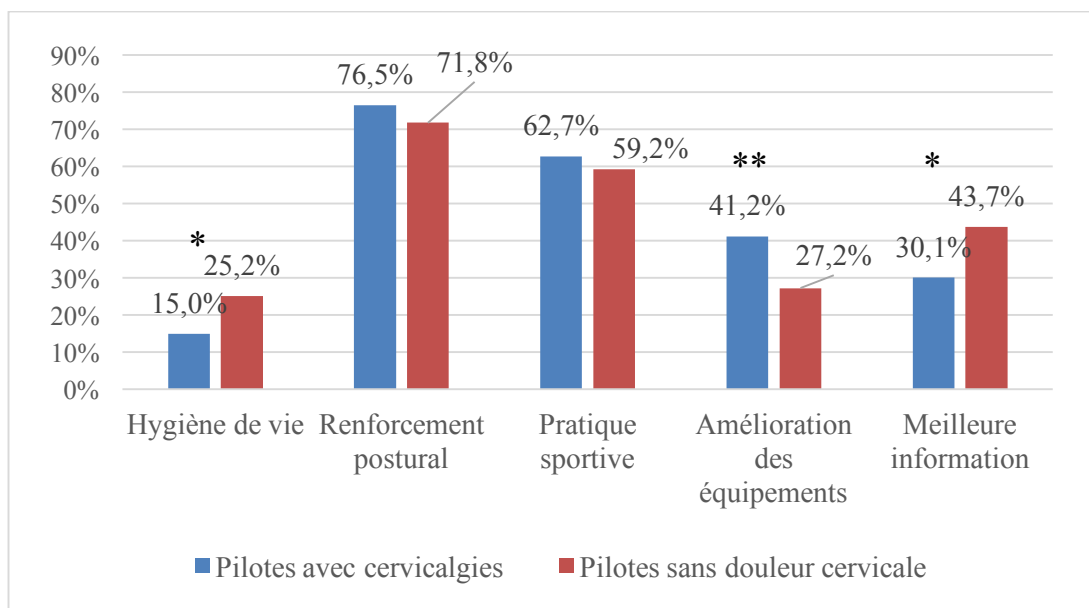


Figure 17 : Comparaison des différents axes d'amélioration de la prévention selon les pilotes avec cervicalgies et ceux sans douleur cervicale (\*  $p < 0,05$  et \*\*  $p < 0,01$ )

- *Facteurs psycho-sociaux*

En terme de facteurs psycho-sociaux, seule l'évaluation des perspectives d'avenir était statistiquement en faveur de meilleures perspectives chez les pilotes ne rapportant pas de douleurs cervicales ( $p < 0,05$ ) (tableau 12).

	Pilotes avec des cervicalgies	Pilotes indemnes de douleur cervicale	
Heure de travail/ semaine	49,5 heures	50,27 heures	NS
Heure de vol / semaine	5,03 heures	4,46 heures	NS
Ordinateur / jour	4,4 heures	4,21 heures	NS
Mois dans poste actuel	40,26 mois	35,4 mois	NS
Moral (0-4)	2,72	2,89	NS
Fatigue psychique (0-10)	3,69	3,94	NS
Fatigue physique (0-10)	3,83	4,01	NS
Satisfaction au travail (0-10)	6,89	6,91	NS
Pression au travail (0-10)	4,74	4,63	NS
Perspectives d'avenir (0-10)	5,8	6,52	$p < 0,05$

Tableau 12 : Comparaison des facteurs psycho-sociaux entre le groupe avec douleur cervicale et le groupe sans cervicalgies ( $p < 0,05$  et NS = non significatif)

#### IV. Comparaison des navigateurs et des pilotes de l'armée de l'air (AA)

Le tableau 13 regroupe les caractéristiques générales, aéronautiques et des cervicalgies des pilotes et des navigateurs officiers systèmes d'armes (NOSA) de l'AA.

	Pilotes AA	Navigateurs AA	
Effectifs	219	55	
<b>Caractéristiques générales</b>			
Age (années)	36,47+/-7,05	36,84+/-6,5	NS
Sexe masculin	98,2% (n=215)	98,2% (n=54)	NS
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,07+/- 2,4	24,27+/- 2,6	NS
<b>Caractéristiques aéronautiques</b>			
Heures de vol militaire totales	2139,09+/-1066,2	2264,64+/-1083,19	NS
Heures de vol aéronef actuel	786,03+/-678,73	1498,96+/-1132,33	p<0,01
Heures de vol / semaine	4,65+/- 4,02	5,47+/-3,17	NS
Durée poste actuel (mois)	37,4+/-37,58	62+/-63,83	p<0,01
Pratique voltige civile	15,1% (n=33)	5,5% (n=3)	p<0,05
<b>Vol sous facteur de charge (&gt; 5Gz)</b>			
< 1/10	20,1% (n=44)	32,7% (n=18)	p<0,05
1/10 – 1/3	18,7% (n=41)	34,5% (n=19)	p<0,01
1/3 – 2/3	26,9% (n=59)	16,3% (n=9)	p<0,05
> 2/3	29,7% (n=65)	12,7% (n=7)	p<0,01
<b>Douleurs cervicales</b>			
Survenues en vol	63% (n= 138)	63,6% (n=35)	NS
	67,4% (n= 148)	80,1% (n= 44)	p<0,05

Tableau 13 : Comparaison des caractéristiques générales, aéronautiques et des cervicalgies des pilotes et des navigateurs de l'AA (p<0,01 ou p<0,05 et NS = non significatif)



Si les pilotes et les NOSA déclaraient une fréquence similaire de cervicalgies, leur survenue au cours du vol était significativement plus fréquente chez les NOSA ( $p < 0,05$ ). Ces derniers déclaraient pourtant voler moins fréquemment sous facteur de charge élevé, mais rapportaient un nombre d'heures sur l'avion de chasse actuel plus important sans différer sur le nombre d'heures totales.

Concernant l'origine supposée des douleurs, le combat aérien était statistiquement plus pourvoyeur de cervicalgies chez les pilotes tandis que le travail en pod laser l'était plus pour les NOSA ( $p < 0,05$ ). Le port d'équipement particulier ou la position en vol ne différaient pas sur la survenue de douleurs en vol entre ces deux populations.

L'évaluation du retentissement des cervicalgies ne différait pas entre les deux groupes, de même que le mode de consultation, de prise en charge des cervicalgies et l'évaluation des facteurs psycho-sociaux.

## **V. Comparaison des pilotes de la marine et des pilotes de l'AA**

L'échantillon regroupait 219 pilotes de l'armée de l'air (AA) et 37 pilotes de la marine. Le tableau 14 regroupe les caractéristiques générales, aéronautiques et des cervicalgies des pilotes de la marine et des pilotes de l'AA.

	Pilotes AA	Pilotes Marine	
Effectifs	219	37	
<b>Caractéristiques générales</b>			
Age (années)	36,47+/-7,05	32,76+/-5,53	P<0,01
Sexe masculin	98,2% (n=215)	100% (n= 37)	NS
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,07+/- 2,4	23,9 +/- 2,2	NS
Pratique sportive (heure)	2,94 +/- 2,19	2,22 +/- 1,27	P<0,01
<b>Caractéristiques aéronautiques</b>			
Heures de vol militaire totales	2139,09+/-1066,2	1560,81+/- 945,83	NS
Heures de travail/semaine	48,67 +/- 9,37	56,3 +/- 6,92	p<0,01
Heures de vol / semaine	4,65+/- 4,02	5,68+/- 2,47	p<0,05
OPEX			
1 an (en jours)	42,76 +/- 59,43	105,83 +/- 96,05	p<0,01
2 ans (en jours)	79,24 +/-101,97	175,76+/- 156,50	p<0,01
<b>Vol sous facteur de charge (&gt; 5Gz)</b>			
< 1/10	20,1% (n=44)	10,8% (n=4)	NS
1/10 – 1/3	18,7% (n=41)	43,2% (n=16)	p<0,01
1/3 – 2/3	26,9% (n=59)	21,6% (n=8)	NS
> 2/3	29,7% (n=65)	13,5% (n=5)	p<0,05
<b>Douleurs cervicales</b>	63% (n= 138)	40,5% (n= 15)	P<0,01

Tableau 14 : Comparaison des caractéristiques générales, aéronautiques et des cervicalgies des pilotes de la marine et de l'AA (p<0,01 ou p<0,05 et NS = non significatif)

- *Caractéristiques générales et aéronautiques*

En terme de caractéristiques générales, les pilotes de la marine étaient significativement plus jeunes, déclaraient pratiquer moins d'activité physique et sportive et déclaraient un volume hebdomadaire de travail plus important.

Au plan du parcours aéronautique, les pilotes de l'armée de l'air avaient une plus grande expérience aéronautique militaire avec en moyenne 2139,09 heures contre 1560,81 heures pour les marins. A contrario, les pilotes de la marine déclaraient une activité aérienne hebdomadaire plus importante que les pilotes de l'AA et un nombre de jours passés hors métropole plus de deux fois supérieur.

Les pilotes de la marine estimaient voler moins fréquemment sous facteur de charge élevé que ceux de l'AA ( $p < 0,05$ )

En terme de facteurs psycho-sociaux, l'évaluation de la fatigue physique différait statistiquement entre les deux populations, elle était évaluée à 4,54/10 pour les marins et 3,79 pour les pilotes de l'AA ( $p < 0,05$ ).

- *Mesures de prévention posturales*

Les pilotes de la marine déclaraient pratiquer plus le G warm up que les pilotes de l'AA ( $p < 0,05$ ), la pratique des autres mesures de prévention posturales (échauffement, récupération et étirement) ne différait pas entre les deux populations. Concernant la pratique du renforcement musculaire du rachis cervical, les pilotes de la marine déclaraient en pratiquer significativement plus que les pilotes de l'AA, quelles qu'en soient les modalités (figure 18).

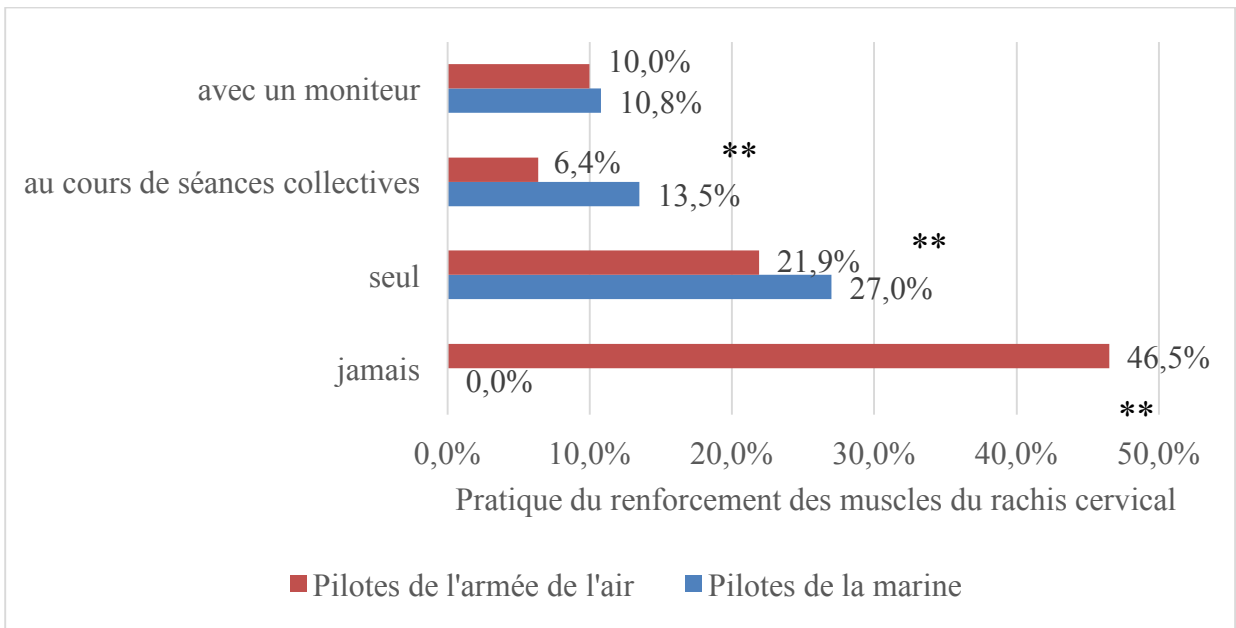


Figure 18 : Comparaison des pratiques de renforcement musculaire des muscles du rachis cervical par les pilotes de la marine et de l'armée de l'air (\*\*p<0,01)

- *Cervicalgies*

**63% des pilotes de l'AA déclaraient avoir présenté des douleurs cervicales contre seulement 40,5% des marins (p<0,01).** Parmi les facteurs supposés en lien avec les cervicalgies en vol, seuls le port du gilet de combat était plus fréquemment rapporté par les pilotes de l'aéronavale (53,4%) que par les pilotes de l'AA (17,4%) (p<0,01).

Le catapultage était responsable de douleurs cervicales pour seulement deux pilotes de l'aéronavale, ce qui n'était pas significatif. Aucun pilote de l'aéronavale n'a retenu l'appontage comme pouvant déclencher des douleurs cervicales.

Le recours au médecin PN en cas de cervicalgies était plus fréquent chez les marins (60%) que chez les pilotes de l'AA (31,2%) (p<0,05). Aucun marin n'a déclaré avoir consulté un médecin traitant en ville ni avoir pris des médicaments sans ordonnance. Le recours à l'ostéopathe était par contre moins fréquent chez les pilotes de la marine (26,7%) que ceux de l'AA (49,3%).

# DISCUSSION

---

## I. Principaux résultats

60,4% (n=188) des personnels navigants (PN) de chasse interrogés déclaraient avoir présenté des douleurs cervicales au cours de leur carrière. Pour 71,3% d'entre eux, celles-ci surviendraient durant le vol.

Parmi les PN ayant déclaré des douleurs cervicales, pour 12,7% (n=24) d'entre eux, la pire douleur n'avait jamais guéri et revenait régulièrement. 28,7% des PN ayant présenté des cervicalgies estimaient que ces douleurs avaient eu un retentissement sur la réalisation de la mission le plus fréquemment par une perte de concentration (18,1%) pouvant aller dans de rares cas jusqu'à l'arrêt de la mission (2,6%).

Sur l'ensemble des PN interrogés, le vol sous facteur de charge élevé apparaît comme un facteur favorisant et déclenchant les douleurs cervicales. De même, l'antécédent de traumatisme cervical était retrouvé comme un facteur pourvoyeur de cervicalgies. Par ailleurs, l'âge, le nombre d'heures de vol et le type d'aéronef ne ressortent pas comme étant des facteurs associés aux cervicalgies.

Si la fréquence des cervicalgies apparaît similaire chez les pilotes et les NOSA de l'armée de l'air (AA), ces derniers présentent plus fréquemment des douleurs au cours du vol.

63% des pilotes de l'AA déclaraient avoir eu des douleurs contre seulement 40,5% des pilotes de la marine ( $p < 0,01$ ). Cependant, les pilotes de l'aéronavale étaient plus jeunes, déclaraient avoir moins d'heures de vol, et voler moins fréquemment sous facteur de charge élevé. De plus, ils déclaraient pratiquer plus assidument les mesures de prévention posturales et avoir plus recours au médecin chargé du PN.

Les PN indemnes de douleur cervicale étaient plus nombreux à penser qu'une amélioration de la prévention était possible. Les axes d'amélioration principaux étaient le renforcement musculaire et la pratique sportive.

## II. Analyse des résultats

- *Caractéristiques de la population*

La population des PN chasse majoritairement composée d'hommes semblait avoir une hygiène de vie correcte avec une consommation tabagique (12,9%) inférieure à la population générale (24% environ) et un IMC moyen de 24,09 kg/m<sup>2</sup>.

La grande majorité des PN chasse (93,9%) déclaraient pratiquer un sport environ 10 mois par an, et en moyenne 2,85 heures par semaine pourtant seulement 26,5% des PN chasse pratiquaient le sport encadré sur base. L'intérêt de la pratique sportive chez les PN de l'aviation de chasse est une meilleure tolérance aux contraintes aéronautiques hémodynamiques et musculo-squelettiques auxquelles ils sont confrontés. Cette amélioration de la tolérance passe par un entraînement régulier et sur le long cours, en endurance et en résistance. Ainsi, il est recommandé la pratique de la course à pied en interval training ainsi que la pratique du renforcement musculaire. Dans notre étude, les deux sports les plus pratiqués étaient la course à pied et la musculation tel qu'il est recommandé dans la doctrine d'entraînement physique du PN.

Amberg en 2006, dans le Bulletin de Sécurité des Vols publié par le Bureau Maîtrise des risques de l'armée de l'air, relevait qu'il était difficile, voire impossible, d'assurer la régularité dans la pratique du sport PN du fait de l'exigence de l'activité aéronautique en unité. C'est cette régularité qui permet d'obtenir les résultats attendus pour prévenir les contraintes musculo-squelettiques<sup>(56)</sup>. La pratique du sport dépend d'une dynamique initiée par le commandement et dans un cadre prévu et mis en place par l'armée de l'air.

Les PN qui pratiquaient de la voltige à titre civil ne présentaient pas plus de douleurs cervicales que ceux qui n'en pratiquaient pas. Ce critère n'est habituellement pas recherché dans la littérature, mais d'après notre étude n'influencerait pas sur la survenue de cervicalgies.

- *Prévalence des cervicalgies*

Nos résultats suggèrent que plus d'un PN de l'aviation de chasse sur deux (60,4%) présente des cervicalgies au cours de sa carrière. Ce résultat est cohérent avec la prévalence retrouvée dans la littérature internationale qui varie entre 17,6% <sup>(48)</sup> et 97% <sup>(45)</sup> depuis le début des années 2000. Ces études étaient en majorité menées sur des avions de type F-16 avec des populations variant de 20 à 268 sujets. L'étude la plus récente était celle de Cocquempot <sup>(55)</sup> menée en 2015 qui étudiait la prévalence des cervicalgies chez vingt PN sur Mirage 2000 lors de l'opération Chammal et retrouvait une prévalence de 30%. Aucune étude ne comparait les aéronefs actuels de l'aviation de chasse française tel que le Rafale et le Mirage 2000.

Dans notre étude, un seul épisode de douleur cervicale était suffisant au cours de la carrière classer le PN comme étant sujet aux cervicalgies. L'étude française réalisée en 2007 par Heraudeau et al <sup>(48)</sup> au sein des trois CEMPN et sur les PN militaires et civils, retrouvait une prévalence des cervicalgies de 17,6% chez les PN de l'aviation de chasse sur les trois dernières années. La localisation de la douleur au niveau du rachis cervical est la localisation privilégiée des pilotes de chasse, suivie par le rachis lombaire puis le rachis dorsal. Cette différence peut être expliquée par le fait que dans cette étude, il était étudié l'articulation la plus douloureuse.

- *Caractéristiques des cervicalgies*

Les PN qui avaient présenté des douleurs cervicales déclaraient pour 71,3% d'entre eux qu'elles survenaient majoritairement en vol. Les données de la littérature sont peu nombreuses et varient quant aux circonstances de survenue.

Dans l'étude d'Heraudeau <sup>(48)</sup>, les douleurs en vol ne représentaient que 27,8% des cas chez les pilotes de chasse contre 71,3% des PN dans notre étude. De Loose en 2008 retrouvait, quant à lui, que la moitié des douleurs cervicales survenait pendant le vol chez quatre vingt dix pilotes de F-16 de l'armée belge et néerlandaise <sup>(1)</sup>. Nous retrouvons que les douleurs survenaient également à l'issue d'un vol (58%) et en dehors des périodes de vol (51,1%). Selon Deloffre <sup>(30)</sup>, l'origine des douleurs cervicales était liée aux vols (59%), aux activités extra-professionnelles ou au sport (28%) ou aux

antécédents rachidiens (7%). L'antécédent de traumatisme rachidien est retrouvé dans notre étude comme un facteur de risque significatif de cervicalgies.

Les principaux facteurs de risque de cervicalgies en vol déclarés par les PN étaient le facteur de charge, le combat aérien et le port des jumelles de vision nocturne. Par ailleurs il n'était pas mis en évidence de lien statistique entre l'âge du PN, le nombre d'heures de vol et le type d'aéronef sur la survenue de cervicalgies. Selon Heraudeau en 2007 (48), les contraintes les plus importantes en vol étaient dues aux accélérations, à la position inadaptée, au poids des équipements, aux jumelles de vision nocturne et au casque de vol.

Moins d'un tiers des PN souffrant de ces douleurs déclaraient qu'elles avaient eu un retentissement sur la mission menée qui était de l'ordre de la difficulté à réaliser la mission et une perte de concentration. Néanmoins, 2,6% des PN ayant présenté des douleurs cervicales ont déclaré avoir dû arrêter leur mission à cause de leurs douleurs. Aucun PN ne déclarait d'accident en vol lié aux douleurs cervicales. 10,6% des PN auraient eu une inaptitude médicale temporaire de vol d'une durée moyenne de 9,3 jours du fait des cervicalgies. La durée maximale d'inaptitude au vol était de 60 jours, pour un pilote de l'aéronavale qui avait eu une hernie discale diagnostiquée un an après le début des douleurs. De Loose retrouvait une exemption de vol moyenne entre 5,5 et 9,8 jours <sup>(1)</sup>, ce qui corrobore nos résultats.

Les cervicalgies avaient un retentissement modéré sur les capacités de concentration des PN qui avaient des douleurs cervicales ainsi que sur leur vie personnelle, en terme de sommeil, d'activité et de vie quotidienne. Le retentissement était compris en moyenne entre 2,95 et 3,75/10 pour ces critères. Dans l'étude de 2007, l'impact sur le sommeil des douleurs articulaires chez les pilotes de chasse avec des douleurs était évaluée à 3,8/10 <sup>(48)</sup>. Les cervicalgies ont donc un retentissement non négligeable bien que faible sur la vie personnelle des PN.

La survenue des cervicalgies était rapportée, entre autre, par 31,2% des PN souffrant de douleurs cervicales, aux conditions de couchage. Pourtant seulement 27,7% des PN souffrant de douleurs cervicales déclaraient avoir plus de douleurs lors des OPEX. Cela nous amène à supposer que le problème est multifactoriel mais conforte l'intérêt porté aux conditions de couchage en particulier en opérations extérieures où celles-ci peuvent être dégradées. Outre les conditions de couchage, d'autres facteurs peuvent intervenir en



OPEX tels que les caractéristiques des vols qui sont plus fréquents, plus longs et imposent plus de stress aux PN lorsqu'ils sont menés en contexte opérationnel.

- *Pratique des mesures de prévention posturales*

Un peu plus de la moitié (58,8%) des PN de notre étude déclaraient connaître les mesures de prévention posturales mais ne pas en avoir une connaissance suffisante. Ces mesures sont enseignées dans les écoles, depuis l'Ecole de l'Air à Salon-de-Provence jusqu'aux écoles de formation en spécialité « chasse ». Ces mesures regroupent l'échauffement au sol, le G-warm up, la récupération musculaire et les étirements. Il semble que la pratique varie en fonction du type de mesure et de la présence de cervicalgies. Environ 80% des PN chasse déclaraient pratiquer le G-warm up en vol qu'ils aient ou non des douleurs cervicales. Alors que la pratique de l'échauffement avant le vol était pratiquée par 32% des pilotes ayant eu des douleurs cervicales contre seulement 16,5% des pilotes indemnes de douleurs. Ce résultat pourrait être expliqué par le fait que les pilotes ayant déjà présenté des douleurs en vol sont plus sensibilisés à l'importance des mesures de prévention posturales. Même si les autres résultats ne sont pas significatifs, on note une pratique globale des mesures de prévention plus importante chez les pilotes ayant présenté des douleurs cervicales. Pourtant, De Loose retrouvait que la pratique des échauffements avant le vol n'était pas un facteur protecteur en terme de cervicalgies survenant sous facteur de charge élevé <sup>(1)</sup>. La pratique de ces mesures de prévention est pourtant consensuelle dans la littérature <sup>(9)</sup>.

- *Renforcement spécifique des muscles du cou*

Le travail spécifique des muscles du cou était pratiqué par un peu plus de la moitié des PN de l'aviation de chasse. En 1998, Albano retrouvait que 26,9% des pilotes de F-16 pratiquaient régulièrement le renforcement musculaire <sup>(34)</sup>. Dans notre étude, cette pratique apparaît plus fréquente chez les pilotes ayant eu des douleurs cervicales avec une différence significative sur la pratique « seul » de ce renforcement musculaire du rachis cervical par rapport aux pilotes indemnes de douleurs. En France, la doctrine de préparation physique des PN est basée sur le renforcement physique global et la pratique des mesures de prévention posturales, le renforcement musculaire spécifique

du rachis cervical est moins encouragé <sup>(49)</sup>. D'après la méta-analyse de Coakwell, les études comparant la pratique du renforcement musculaire du corps entier et la pratique spécifique du renforcement musculaire du rachis cervical étaient discordantes et aucune conclusion à l'heure actuelle ne pouvait en être tirée <sup>(25)</sup>. La pratique d'un renforcement musculaire spécifique du rachis cervical en prévention est discutable, plusieurs études ne retrouvaient pas d'influence de la musculature cervicale sur la survenue des cervicalgies <sup>(42, 43, 44)</sup>. Les résultats retrouvés dans notre étude pourraient suggérer probablement que la survenue de douleurs cervicales entraîne une pratique autonome du pilote au renforcement des muscles cervicaux ou à l'opposé, qu'une mauvaise pratique de ce renforcement musculaire soit à l'origine des douleurs cervicales.

- *Amélioration de la prévention des cervicalgies*

Les PN ne rapportant pas de douleur cervicale étaient statistiquement plus nombreux à déclarer qu'une amélioration de la prévention des cervicalgies était possible ( $p < 0,05$ ). Toutefois, qu'ils aient présenté ou non des douleurs, les PN déclaraient en majorité que la pratique sportive et le renforcement postural étaient les deux axes d'amélioration primordiaux. Pour les autres axes d'amélioration, les propositions différaient en fonction de l'antécédent de douleur ou non. Pour les PN indemnes de douleurs, les axes d'amélioration étaient plutôt l'hygiène de vie et de l'information prodiguée, alors que pour ceux rapportant des douleurs, l'axe portait avant tout sur l'amélioration des équipements. On pourrait supposer que les PN souffrant de cervicalgies estiment que leur hygiène de vie et leur pratique des mesures de prévention sont suffisamment compatibles avec l'aviation de chasse et que l'axe d'effort pour lequel il reste une marge de progression est l'amélioration des équipements. Par ailleurs, ceux indemnes de douleur peuvent avoir trouvé dans leur mode de vie une solution à ce problème et estiment que la marge de progression se trouve dans l'amélioration de l'hygiène de vie et dans l'information portant sur les cervicalgies. En 2007, Heraudeau retrouvait chez tous les PN militaires et civils consultant en CEMPN qu'une prévention des problèmes ostéo-articulaires était possible par une action sur les équipements et sur l'hygiène de vie.

- *Consultation et prise en charge*

Dans notre étude, 69,7% des PN déclaraient consulter pour leurs douleurs cervicales. Ce qui était supérieur à ce que retrouvait Deloffre (46%)<sup>(30)</sup>. Néanmoins, dans son étude comme dans la notre, l'interlocuteur privilégié du PN pour la prise en charge des cervicalgies était en premier lieu l'ostéopathe devant le médecin PN, suivi du kinésithérapeute. Heraudeau retrouvait en 2007, un recours à l'ostéopathie par 18,2% des pilotes de chasse et un recours à la kinésithérapie par 15,3% des pilotes, les pilotes de chasse étant les PN qui avaient le plus recours aux thérapies manuelles. Ces résultats suggèrent l'importance du développement de la pratique de la médecine manuelle ostéopathique par les médecins PN et la mise à disposition dans les CMA de kinésithérapeutes pour le personnel navigant.

### **Comparaison des populations**

Dans notre étude, nous avons choisi de comparer plusieurs populations pour rechercher des différences de pratique et des facteurs de risque de cervicalgies en lien avec les spécificités de chaque spécialité.

- *Pilotes et navigateurs de l'armée de l'air*

Dans un premier temps, nous avons comparé les pilotes de l'armée de l'air (AA) et les navigateurs officiers systèmes d'armes (NOSA) de l'AA. Les NOSA sont les PN en place arrière qui ne pilotent pas l'aéronef, tous les NOSA de l'étude appartenaient à l'AA. Les NOSA n'étaient pas plus âgés que les pilotes, cependant ils avaient plus d'heures de vol sur leur aéronef actuel même s'il n'y avait pas de différence sur l'expérience aéronautique militaire totale. En effet, les NOSA ont plus d'heures de vol sur avions d'arme car leur expérience sur avion école est plus courte que celle des pilotes. La formation des NOSA est de 48 semaines à Salon-de-Provence suivie d'une formation spécifique « chasse » de 27 semaines à Tours avant de devenir PN opérationnels. La formation des pilotes est de 4 ans avant de débiter sur Alphajet dans

les écoles de formation de spécialité chasse. Les NOSA opérationnels volent ensuite sur les Mirage 2000 D, Mirage 2000 N et sur le Rafale biplace.

On ne retrouvait pas de différence statistiquement significative sur la fréquence de survenue des douleurs cervicales, 63,6% des NOSA et 63% des pilotes de l'AA déclaraient en souffrir. Cependant, la survenue des douleurs en vol était statistiquement plus fréquente chez les NOSA (80,1%) que chez les pilotes (67,4%). Les NOSA n'ont pas pour mission principale la défense aérienne et sont donc moins soumis aux vols sous facteur de charge élevé que les pilotes car ils pratiquent moins de mission de type combat aérien. On notait ainsi que, 53,6% des pilotes déclaraient que ce type de mission déclenchait leur douleur contre 51,3% des NOSA ( $p < 0,05$ ). Par ailleurs, les NOSA (37,9%) se plaignaient plus des missions de vols avec travail au pod laser que les pilotes (13%). Au cours de ces missions, le pilote et le NOSA tournent autour d'une cible en rotation unilatérale du rachis ce qui engendre des contraintes sur le rachis cervical et de la fatigue musculaire cervicale. Le NOSA est installé en place arrière et peut parfois être surpris par les mouvements brusques de l'avion car il lui est parfois impossible d'anticiper les actions du pilote. D'après De Loose et Green, le manque d'anticipation des accélérations et le manque d'anticipation de la contraction cervicale est un facteur déclenchant de cervicalgies <sup>(1, 10)</sup>.

- *Pilotes de l'armée de l'air et de la marine*

Aucune étude française dans la littérature n'a étudié les pilotes de la marine. Ces derniers sont beaucoup moins nombreux que dans l'AA, dans notre étude, ils étaient cinq fois moins nombreux. Il y avait des différences dans les caractéristiques générales de ces deux populations. Les pilotes de la marine étaient plus jeunes et totalisaient moins d'HDV dans l'aéronautique militaire. Les marins déclaraient voler et travailler plus d'heures par semaine que dans l'AA. Les pilotes de la marine passaient deux fois plus de temps en OPEX que les pilotes de l'AA. Les pilotes de la marine sont embarqués sur le porte-avions Charles de Gaulle et sont en mer plusieurs mois par an. Leur mission est la lutte antinavires et l'appui des troupes au sol, ainsi ils déclaraient pratiquer moins de vols sous facteur de charge élevé que dans l'AA.

Nous observons une différence significative sur la fréquence déclarée des cervicalgies : 40,5% des pilotes de la marine déclaraient avoir eu des douleurs cervicales contre 63% des pilotes de l'AA ( $p < 0,01$ ). Les marins bien qu'étant plus souvent en OPEX ne retenaient pas les conditions de vie embarquée ou les conditions de couchage comme un facteur déclenchant les cervicalgies. Ces deux populations relient majoritairement leurs douleurs cervicales aux vols, surtout lors du combat aérien et lors du port des jumelles de vision nocturne. 53,4% des marins ayant eu des douleurs cervicales déclaraient que le port du gilet de combat était en cause contre seulement 17,4% des pilotes de l'AA. Les pilotes du Rafale Marine portent la Mae West comme les pilotes de Rafale de l'AA tandis que les pilotes du Super-Etendard Modernisé portent le gilet de combat comme ceux sur Mirage 2000. Le catapultage et l'appontage qui sont deux spécificités des pilotes de l'aéronavale n'étaient pas retenus comme déclencheurs de cervicalgies. Lors de ces phases les pilotes anticipent les contraintes et bloquent leur rachis cervical dans l'axe, tête contre le siège éjectable. Les pilotes de la marine pratiquaient significativement plus le G warm up que les pilotes de l'AA (86,5% vs 81,7%) ainsi que le renforcement musculaire cervical (46% vs 38,4%). Cette différence de pratique ainsi que la différence d'âge et d'exposition au facteur de charge pourrait expliquer la plus faible fréquence de survenue des cervicalgies chez les pilotes de la marine.

Les pilotes de la marine souffrant de douleurs cervicales consultaient prioritairement leur médecin PN pour la prise en charge des cervicalgies. Cela est facilité par la présence du médecin sur le porte-avions ce qui crée plus de proximité avec ce dernier mais également par l'absence d'autre interlocuteur pour les marins tels que les ostéopathes ou les kinésithérapeutes qui ne se trouvent pas à bord. La consultation auprès des ostéopathes était privilégiée en premier lieu par les pilotes de l'AA et un quart d'entre eux consultaient des kinésithérapeutes. Ces derniers pouvant être consultés au sein même de certains centres médicaux, comme sur les bases aériennes de Nancy ou de Saint Dizier<sup>(55)</sup>.

Les axes d'amélioration de la prévention des cervicalgies différaient entre les pilotes des deux armées. Les marins étaient statistiquement plus nombreux que les pilotes de l'AA à déclarer que l'amélioration passait par la pratique sportive, une meilleure information et l'hygiène de vie, ces axes étant définis de façon générale par les PN indemnes de cervicalgies.

## Facteurs de risque de cervicalgies

Dans cette partie, nous reprenons les facteurs de risque identifiés et ceux supposés dans la littérature pour les comparer aux résultats de notre étude.

Les **facteurs de risque identifiés** dans la littérature étaient :

- *le vol sous facteur de charge élevé* ; ce facteur de risque est majoritairement reconnu dans la littérature <sup>(2, 3, 10, 14, 25, 29, 40)</sup>. Nous avons évalué la fréquence de pratique des vols à plus de 5 Gz car selon Burnett <sup>(36)</sup>, De Loose <sup>(1)</sup> et Green <sup>(26)</sup> les accélérations nécessaires à la survenue des douleurs cervicales étaient supérieures à 4 Gz. Les pilotes avec des douleurs cervicales pratiquaient plus d'un tiers de leurs vols sous facteur de charge élevé et inversement pour les pilotes indemnes de cervicalgies.
- *les mouvements à haut risque sous facteur de charge élevé* ; les PN souffrant de douleurs cervicales déclaraient que la position en rotation du rachis cervical (39,3%) et la position « check six » (32,4%) étaient les plus à risque de cervicalgies. Ceci était retrouvé dans de nombreuses études <sup>(1, 25, 26)</sup>. Il est licite de relier le combat aérien avec ces mouvements à haut risque, en effet, durant cette mission le pilote cherche sa cible en réalisant d'amples mouvements cervicaux sous facteur de charge élevé. 53,7% des PN qui déclaraient souffrir de cervicalgies les imputaient au combat aérien.
- *le port d'équipement de tête* ; le port des jumelles de vision nocturne (JVN) est relevé par 31,9% des PN souffrant de cervicalgies comme un facteur déclenchant. Les JVN augmentent le décentrage du centre de gravité de la tête et leur utilisation restreint le champ visuel ce qui augmente la mobilisation de l'ensemble tête-cou pour balayer l'espace visuel et stabiliser la tête <sup>(10, 26)</sup>. Deux études électromyographiques retrouvent que l'activité des muscles du rachis cervical est augmentée sous JVN cervical <sup>(29, 44)</sup>.
- *la musculature spécifique des muscles du cou* ; notre étude n'avait pas pour objectif de mesurer la musculature spécifique du cou comme lors des études

électromyographiques, cependant nous cherchions à connaître la pratique du travail spécifique des muscles du cou par les PN, comme nous l'avons développé dans la partie « Renforcement spécifique des muscles du cou ». De Loose en 2009 a comparé par une étude électromyographique la force musculaire cervicale de 90 pilotes de F-16, il ne retrouvait pas de différence de force musculaire entre le groupe souffrant de douleur cervicale et le groupe sans douleur <sup>(12)</sup>. Selon lui, l'origine des cervicalgies était surtout liée au dépassement des limites physiologiques individuelles. La majorité des études recommandent la pratique de l'entraînement musculaire spécifique des muscles du rachis cervical pour augmenter la performance des PN en vol et diminuer le risque de lésion cervicale sous facteur de charge élevé <sup>(2, 26, 27, 29, 36)</sup>. Ainsi, cet entraînement spécifique augmente la capacité maximale des muscles du cou qui devient supérieure à la capacité requise lors du vol sous facteur de charge élevé <sup>(29)</sup>.

- *la fatigue du personnel navigant physique et psychique* ; dans notre étude, la fatigue physique et psychique était évaluée sous forme d'échelle numérique de 0 à 10 et il n'était pas retrouvé de différence statistiquement significative entre les PN avec des douleurs cervicales et ceux indemnes de douleur. La comparaison des populations retrouvait une différence dans l'évaluation de la fatigue physique entre les pilotes de la marine (4,54/10) par rapport aux pilotes de l'AA (3,79 sur 10). Cette fatigue physique des marins pourrait être mise en lien avec leur durée hebdomadaire de travail et leur condition de vie embarquée. Oksa retrouvait par son étude électromyographique que les exercices répétés de manœuvres en combat aérien causaient une fatigue musculaire sur chaque muscle étudié et pouvait augmenter le risque de lésion aiguë cervicale et réduire la capacité opérationnelle du pilote. Une attention particulière devait être apportée à la récupération musculaire après des exercices répétés <sup>(28)</sup>.

Les **facteurs de risque supposés** dans la littérature étaient :

- *le nombre d'heures de vol (HDV)* ; dans la littérature, un lien est supposé entre le nombre cumulé d'heures de vol et l'apparition de cervicalgie mais n'a jamais été retrouvé <sup>(1, 14, 25)</sup>. Hendriksen en 1999 étudiait le sur-risque de dégénérescence cervicale chez les pilotes de chasse, et ne démontrait pas de lien avec le nombre

d'heures de vol total <sup>(18)</sup>. Notre étude ne retrouvait pas de différence significative sur la survenue de cervicalgies chez les PN chasse en fonction de leur HDV total. Nous avons choisi de différencier selon trois classes : inférieure à 1500 heures, entre 1500 et 2500 heures et supérieures à 2500. Les PN ayant le plus d'HDV étaient plus âgés et avaient un poste plus sédentaire qu'ils occupaient depuis plus longtemps. Cocquemot <sup>(55)</sup> retrouvait un lien statistique entre le nombre d'HDV et la survenue de rachialgies, que nous ne mettons pas en évidence dans notre étude.

- *l'âge* ; notre étude ne retrouvait pas de différence d'âge entre les PN présentant des douleurs cervicales et ceux indemnes de douleurs. Seulement 44 PN (23,4%) avec des douleurs cervicales avaient plus de 40 ans, et la moyenne d'âge de la population totale était de 36 ans environ. L'analyse statistique multivariée ne retrouvait pas l'âge comme un facteur en lien avec les douleurs cervicales. Ce critère était retrouvé comme un facteur de risque de cervicalgies dans l'étude par questionnaire de Lawson qui comparait les pilotes de transport militaires et civils, les pilotes de chasse et les pilotes d'avions de loisir avec des non pilotes <sup>(17)</sup>. L'âge n'y était pas étudié spécifiquement chez les pilotes de chasse.
- *l'inclinaison du siège éjectable* ; ce critère était évalué de manière subjective, en recherchant la survenue de cervicalgies en fonction du type d'aéronef piloté. Le siège du Rafale est incliné de 30 degrés tandis que celui du Mirage 2000 est incliné de 15 degrés. Notre étude ne retrouvait pas de différence de survenue de cervicalgies entre les deux populations de PN. Ce critère n'était pas non plus retrouvé dans une étude américaine qui comparait le F-16 et le F-15 <sup>(14)</sup>.

Certains critères n'étaient pas retrouvés dans la littérature comme étant des facteurs de risque identifiés néanmoins dans notre étude, ces critères semblaient en lien avec la survenue des cervicalgies :

- *le type de mission* ; comme il a été énoncé précédemment, le combat aérien semblerait être à risque de cervicalgies ainsi que le vol long (25,5%) qui impose au PN une position statique prolongée nécessitant une contraction sur le long terme des muscles posturaux <sup>(9)</sup>. Le travail musculaire en endurance permet une préparation



physique optimale à ce type de mission. Le dernier type de mission qui semblerait être en lien avec les cervicalgies est le vol de nuit (16,5%) ce qui semble logique puisque le PN doit porter les JVN, qui sont elles mêmes un facteur favorisant les douleurs cervicales.

- *l'antécédent de traumatisme cervical* ; il y avait significativement plus d'antécédent de traumatisme cervical chez les pilotes avec des cervicalgies (22,9%) que chez les pilotes sans douleur cervicale (5%) ( $p < 0,01$ ). Le traumatisme cervical le plus fréquemment déclaré par les pilotes était la simple contracture cervicale, une seule fracture était déclarée mais le pilote ne se plaignait pas de douleurs cervicales. Ce critère n'était pas retrouvé dans la littérature.
- *les NOSA* ; cette population semble plus à risque de cervicalgies même s'il n'est pas observé de différence statistique dans notre étude. Cette population a plus d'expérience aéronautique sur avions d'armes que les pilotes, ils sont soumis aux changements brusques de l'aéronef sans pouvoir toujours l'anticiper et ils sont actuellement de plus en plus nombreux sur Rafale et engagés dans des missions de type combat aérien, qui sont plus à risque de cervicalgies. Une attention particulière doit être portée à cette population. Selon Green, les lésions aiguës du rachis cervical peuvent être causées par des accélérations inattendues car le muscle nécessite un délai de contraction plus long et la réponse musculaire n'est pas la plus adéquate. Ces accélérations inattendues surviennent surtout pour le PN en place arrière que ce soit l'instructeur ou le NOSA <sup>(10)</sup>.
- *l'échauffement au sol* ; cette mesure posturale était plus pratiquée par les pilotes avec des douleurs cervicales (32,1%) que par les pilotes indemnes de douleurs (16,5%) ( $p < 0,01$ ). Ce résultat peut laisser supposer que la survenue de cervicalgies chez les pilotes favorisent la pratique de l'échauffement au sol pour tenter de préparer la musculature cervicale avant le vol pour diminuer l'occurrence des cervicalgies.
- *les facteurs de risque psycho-sociaux et d'environnement* : les PN de l'étude étaient interrogés sur leur durée de travail hebdomadaire, le nombre d'HDV par semaine et la durée passée devant un écran chaque jour car ce sont des critères reconnus

comme favorisant les cervicalgies communes <sup>(8)</sup>. Ces critères ne différaient pas entre les PN ayant eu des douleurs cervicales et les PN n'en ayant jamais ressentis, les deux populations passaient la majorité de leur temps au sol et plus de 4 heures par jour devant un écran au travail. En comparant les populations, il était retrouvé une durée de travail hebdomadaire plus élevée pour les marins (56,3 heures par semaine) que les pilotes de l'AA (48,67 heures). De plus, nous avons évalué le moral des PN, leur satisfaction au travail et leurs perspectives d'avenir sous forme d'une échelle numérique de 0 à 10. Seule l'évaluation des perspectives d'avenir était statistiquement significative ( $p < 0,05$ ) entre les pilotes présentant des douleurs et ceux indemnes de douleurs, qui déclaraient avoir de meilleures perspectives d'avenir. Ces résultats ne permettent pas de retrouver de lien entre la présence de cervicalgies et les conditions de travail d'une part et la satisfaction au travail d'autre part.

### **III. Limites et forces de l'étude**

Il s'agit d'une étude épidémiologique observationnelle multicentrique qui a pour objectif de déterminer la prévalence des cervicalgies.

L'échantillon semble représentatif de la population des PN dans la spécialité chasse cependant, dans la population des PN de l'armée de l'air, environ 10% sont des abonnés qui pilotent occasionnellement. Néanmoins, les trois CEMPN, ainsi que le groupe embarqué de l'aéronavale et des escadrons de chasse ont participé, et le taux de réponse était élevé.

La méthodologie ne nous permet pas d'établir de lien de causalité entre l'exposition aux différents facteurs et la survenue des cervicalgies. Seule une tendance d'association entre facteurs d'exposition et survenue d'une douleur cervicale peut être établie grâce à un faisceau d'arguments dans la mesure où il s'agit des déclarations des PN.

L'étude était basée sur des questionnaires anonymes ce qui ne permet pas de se soustraire de la subjectivité des sujets. L'utilisation du questionnaire ne nous a pas permis de décrire la population avec exhaustivité ou de juger des éléments qui ne nous

paraissaient pas pertinents mais qui pouvaient être liés à la survenue des douleurs cervicales.

Nous avons tenté d'éliminer un biais de sélection en étudiant le plus de PN de l'aviation de chasse possible. Les études menées dans le cadre militaire permettent de diminuer les taux de non réponse. Notre étude a été présentée dans les CEMPN et dans les escadrons comme étant validée par le commandement et devant être renseignée par les personnels.

Les PN bien qu'ayant répondu en nombre et donc représentatifs de la population totale avaient volé sur plusieurs aéronefs. Cela induisait un biais dans l'étude lors de l'analyse de la survenue des cervicalgies en fonction des différents avions pilotés. Ainsi nous avons délibérément choisi d'étudier l'aéronef sur lequel les PN avaient le plus d'heures de vol mais nous ne savons pas sur quel aéronef étaient survenues les douleurs.

#### **IV. Recommandations**

L'ensemble des résultats de notre étude ne nous a pas permis de dresser un profil « type » de PN qui serait plus à risque de cervicalgies. Nos résultats suggèrent cependant qu'une attention particulière devrait être apportée aux NOSA et aux PN ayant eu un antécédent de traumatisme cervical. Ces deux profils seraient plus à risque de cervicalgies.

Nous rappelons l'importance, lors des visites périodiques médicales du PN, depuis l'entrée en école et tout au long de la carrière, d'aborder la question des douleurs cervicales et de rappeler les mesures de prévention et la nécessité de pratiquer le renforcement musculaire spécifique du rachis cervical. De même, le moniteur PN et le correspondant sport en escadron doivent continuer à sensibiliser les PN sur ces pratiques.

Le recours au médecin PN pour parler des cervicalgies semble encore être trop faible de la part des pilotes de l'AA contrairement aux pilotes de la marine. Nous ne pouvons que recommander aux PN de consulter leur médecin PN référent lors de la survenue des douleurs cervicales pour permettre une prise en charge adaptée et probablement multidisciplinaire associant des thérapies manuelles (ostéopathie et/ou kinésithérapie)

au plus proche des PN. Le Service de Santé des Armées sous l'impulsion de l'armée de l'air a depuis plusieurs années instauré la présence de kinésithérapeute sur les théâtres d'opérations extérieures pour les PN de l'aviation de chasse.

Notre étude nous amène à penser qu'une attention particulière aux conditions de couchage pourrait être portée sur les théâtres d'opérations extérieures pour s'assurer de la qualité minimale de confort de la literie pour les PN, ce d'autant qu'ils pratiquent beaucoup plus de vols lors des OPEX qu'en métropole et qui sont soumis à une fatigue physique et psychique plus intense.

Au travers des facteurs de risque de cervicalgies connus dans la littérature et de ce que notre étude a mis en lumière, le risque de cervicalgies doit être pris en compte lors de l'ajout d'un nouvel équipement ainsi que dans l'ergonomie de conception des futurs équipements des PN.

Dans notre étude nous n'avons pas recherché la pratique des Techniques d'Optimisation du Potentiel (TOP) dans le questionnaire déjà très étoffé. Les TOP pourraient aider les PN pour faciliter leur récupération physique, psychique et musculaire. Cela est surtout mis en place auprès de la Patrouille de France qui compte plus de trois cent heures de vol par an et qui pratique le renforcement musculaire et le TOP plusieurs fois par semaine pour faciliter la récupération musculaire et nerveuse<sup>(58)</sup>.

Des études prospectives ciblées sur les facteurs de risque déclarés de cervicalgie pourraient être menées afin d'en objectiver le lien de causalité. Ces études pourraient être menées sur un type d'aéronef en particulier, sur un programme d'information ou ciblées sur les mesures supposées favorisant les cervicalgies. Une étude plus précise sur l'ergonomie des équipements pourrait également être entreprise. De même, un suivi au long cours des personnels navigants de l'aviation de chasse depuis leur entrée en école de formation et lors des visites d'aptitudes en CEMPN pourrait permettre d'identifier leurs facteurs de survenue afin d'améliorer les mesures de prévention actuelles.

## CONCLUSION

---

Les cervicalgies représentent un problème fréquemment rencontré chez les personnels navigants (PN) de l'aviation de chasse. Notre étude retrouve que plus d'un personnel navigant sur deux déclare en avoir souffert au cours de sa carrière.

Les principaux facteurs de risque identifiés par les personnels navigants sont en premier lieu, le vol sous facteur de charge, les missions en combat aérien, la position de la tête en rotation et le « check-six » et enfin le port des jumelles de vision nocturne. Ces facteurs s'imposent au personnel navigant de l'aviation de chasse dans leur carrière. D'autre part, l'antécédent de traumatisme cervical est un facteur de risque significatif de cervicalgies et la fonction de navigateurs officiers systèmes d'armes apparaît comme un risque accru, suggérant un suivi rapproché de ces deux populations. Le retentissement personnel et professionnel des cervicalgies et la mise en jeu de la sécurité des vols apparaissent cependant assez modérés. A peine un tiers des personnels navigants ayant souffert de cervicalgies ont consulté leur médecin PN référent et la majorité se dirige vers des thérapies manuelles (ostéopathes ou kinésithérapeutes). Cependant, encore 40,8% des PN déclarent ne pas pratiquer de renforcement musculaire spécifique du cou.

Une sensibilisation de la prévention des cervicalgies spécifiques à l'aviation de chasse, dispensée par les médecins PN, doit être proposée dès les écoles et poursuivie en escadrons incitant notamment à la pratique du renforcement musculaire spécifique du rachis cervical et promouvant la consultation du médecin PN pour une prise en charge optimale. Des professionnels de thérapie manuelle ont déjà été mis en place dans certains centres médicaux et projetés en opération extérieure avec des résultats qui semblent très satisfaisants. Une généralisation de cette pratique pourrait être encouragée. Enfin en amont, le risque de cervicalgies nécessite autant que possible d'être pris en compte dans l'ergonomie de conception des équipements du personnel navigant de la chasse.

Des études prospectives ciblées sur les facteurs de risque déclarés de cervicalgie pourraient être menées afin d'en objectiver le lien de causalité. De même, un suivi au long cours des personnels navigants de l'aviation de chasse depuis leur entrée en école de formation et lors des visites d'aptitudes en CEMPN pourrait permettre d'identifier leurs facteurs de survenue afin de parfaire les mesures de prévention actuelles.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **DE LOOSE V, VAN DEN OORD M, BURNOTTE F, VAN TIGGELEN D, STEVENS V, CAGNIE B, WITVROUW E, DANNEELS L.** Individual, work-, and flight-related issues in F-16 pilots reporting neck pain. *Aviat Space Environ Med* 2008 ; 79 : 779-83.
2. **SENG K-Y, LAM P-M, LEE V-S.** Acceleration effects on neck muscle strength : pilots vs. Non-pilots. *Aviat Space Environ Med* 2003 ; 74 : 164-8.
3. **WAGSTAFF AS, JAHR KI, RODSKIER S.** + Gz-induced spinal symptoms in fighter pilors : operational and individual associated factors. *Aviat Space Environ Med* 2012 ; 83 : 1092-6.
4. **DUVIGNEAUD N,** Neck and back pain among BAF F-16 pilots. *Ramstein Aerospace Medicine Summit* 2016
5. **NETTO KJ, BURNETT AF.** Neck muscle activation and head postures in common High performane aerial combat maneuvers. *Aviat Space Environ Med* 2006 ; 77 : 1049-55.
6. **WESSELS F,** NATO/STO/CSO Human Factors and Medicine Panel. Presentation to *RAMS/HFM-264*, 2016.
7. **BOGDUK N, MCGUIRK B.** *Prise en charge des cervicalgies aiguës et chroniques : une approche fondée sur les preuves.* Edition Elsevier Masson, 2007, 215p.
8. **PETIT A, DELARUE 1, BODIN J, FOUQUET N.** Incidence des cervicalgies en milieu professionnel. *28<sup>ème</sup> congrès français de rhumatologie*, décembre 2015.
9. **BERTRAND L, VITIELLO L, TURBAN G, GROS L.** Les cervicalgies du personnel navigant de l'aviation de chasse de 2000 à 2015, revue de la littérature. *Rev Med Aéro Spat* 2015 ; Tome 56 – n° 209/15.
10. **GREEN NDC.** Acute soft tissue neck injury from unexpected acceleration. *Aviat Space Environ Med* 2003 ; 74 : 1085-90.
11. **CHUMBLEY E, MCEACHEN J, O'HAIR N, STOLFI A, LIENISCH C, WRIGHT B.** Home cervical traction as preventive tool in reduction neck pain complaints in F-15C fighter pilots. *2016 Ramstein Aerospace medicine summit (USAF)* ; 14-18 mars 2016, Ramstein, Allemagne.
12. **DE LOOSE V, VAN DEN OORD M, BURNOTTE F, VAN TIGGELEN D, STEVENS V, CAGNIE B, DANNEELS L. WITVROUW E.** Functional assessment of the cervical spine in F-16 pilots with and without neck pain. *Aviat Space Environ Med* 2009 ; 80 : 477-81.

13. **HÄMÄLÄINEN O, VANHARANTA H, KUUSELA T.** Degeneration of cervical intervertebral disks in fighter pilots frequently exposed to High +Gz forces. *Aviat Space Environ Med* 1993 ; 64 : 692-6.
14. **DREW WED,** Spinal symptoms in aviators and their relationship to g-exposure and aircraft seating angle. *Aviat Space Environ Med* 2000 ; 71 :22-30.
15. **COCQUEMPOT K, TURBAN G, PUEYO L, COUDERC A, DOUTRE M, STREHAIANO S.** Les troubles musculo-squelettiques du personnel navigant chasse : Mise au point sur les causes et de leur évolution avec le progrès technologique des aéronefs. *Rev Med Aéro Spat* 2015 ; Tome 57 – n° 214/16.
16. **LANDAU D-A, CHAPNICK L, YOFFE N, AZARIA B, GOLDSTEIN L, ATAR E.** Cervical and lumbar MRI findings in aviators as a function of aircraft type. *Aviat Space Environ Med* 2006 ; 77 : 1158-61.
17. **LAWSON BK, SCOTT O, EGBULEFU FJ, RAMOS R, JENNE JW, ANDERSON ER.** Demographic and occupational predictors of neck pain in pilots : analysis and multinational comparison. *Aviat Space Environ Med* 2014 ; 85 : 1185-9.
18. **HENDRIKSEN IJM, HOLEWIJN M.** Degenerative changes of the spine in fighter pilots of the Royal Netherlands Air Force (RNLAf). *Aviat Space Environ Med* 1999 ; 70 : 1057-63.
19. **PETREN-MALLMIN M, LINDER J.** Cervical spine degeneration in fighter pilots and controls : a 5-yr follow-up study. *Aviat Space Environ Med* 2001 ; 72 : 443-6.
20. **SOVELIUS R, SALONEN O, LAMMINEN A, HUHTALA H, HÄMÄLÄINEN O.** Spinal MRI in fighter pilots and controls : a 13-year longitudinal study. *Aviat Space Environ Med* 2008 ; 79 : 685-8.
21. **DE LOOSE V, VAN DEN OORD M, KESER I, BURNOTTE F, VAN TIGGELEN D, DUMAREY A, CAGNIE B, WITVROUW E, DANNEELS L.** MRI study of the morphometry of the cervical musculature in F-16 pilots. *Aviat Space Environ Med* 2009 ; 80 : 727-31.
22. **CHASSIGNEUX T.** Gestion et appréhension du vol sous facteur de charge. *Thèse Chef de Patrouille*, escadron de chasse 1/12 « Cambrésis », Cambrai 2009.
23. **PERRIER E, CARLIOZ R, DEROUCHE J, QUINIOU G, BURLATON J.** *Physiologie cardiovasculaire aéronautique*. Encycl Méd Chir ; 2003.
24. **COLIN J.** *Médecine aérospatiale*. Expansion scientifique française ; 1999, 680p.
25. **COAKWELL MR, BLOSWICK DS, MOSER JR R.** High-risk head and neck movements at high G and interventions to reduce associated neck injury. *Aviat Space Environ Med* 2004 ; 75 : 68-80.
26. **GREEN NDC, BROWN L.** Head positioning and neck muscle activation during air combat. *Aviat Space Environ Med* 2004 ; 75 : 676-80.

27. **HÄMÄLÄINEN O.** Flight helmet weight, +Gz forces, and neck muscle strain. *Aviat Space Environ Med* 1993 ; 64 : 55-7.
28. **OKSA J, HAMALAINEN O, RISSANEN S, SALMINEN M, KURONEN P.** Muscle fatigue caused by repeated aerial combat maneuvering exercises. *Aviat Space Environ Med* 1999 ; 70 : 556-60.
29. **SOVELIUS R, OKSA J, RINTALA H, HUHTALA H, YLINEN J, SIITONEN S.** Trampoline exercise vs. strength training to reduce neck strain in fighter pilots. *Aviat Space Environ Med* 2006 ; 77 : 20-5.
30. **DELOFFRE A, LEVERT J.** Préparation physique des équipages : le mal de dos et ses solutions. *Thèse chef de Patrouille/ chef navigateur* ; EC 03.003 « Ardennes », Nancy 2008.
31. **QUINTAINE L,** La fatigue, *Bulletin Sécurité des vols*, numéro spécial – armée de l’air française, 2002, 36p.
32. **MONTMERLE S,** *Les équipements et les manœuvres anti-G en centrifugeuse*, cours CFMA, mai 2015, IRBA.
33. **OKSA J, HAMALAINEN O, RISSANEN S, MYLLYNIEMI J, KURONEN P.** Muscle strain during aerial combat maneuvering exercise. *Aviat Space Environ Med* 1996 ; 67 :1138-43.
34. **ALBANO JJ, STANFORD JB.** Prevention of minor neck injuries in F-16 pilots. *Aviat Space Environ Med* 1998 ; 69 : 1193-9.
35. **ANDERSEN JC.** Stretching before and after exercise : effect on muscle soreness an injury risk. *J Athl Train* 2005 ; 40 : 218-20.
36. **BURNETT AF, NAUMANN FL, BURTON EJ.** Flight-training effect on the cervical muscle isometric strength of trainee pilots. *Aviat Space Environ Med* 2004 ; 75 : 611-5.
37. **ÄNG B, LINDER J, HARMS-RINGDAHL K.** Neck strength and myoelectric fatigue in fighter and helicopter pilots with a history of neck pain. *Aviat Space Environ Med* 2005 ; 76 : 375-80.
38. **ALRICSSON M, HARMS-RINGDAHL K, SCHÜLDT K, EKHOLM J, LINDER J.** Mobility, muscular strength and endurance in the cervical spine in Swedish air force pilots. *Aviat Space Environ Med* 2001 ; 72 : 336-342.
39. **SOVELIUS R, OKSA J, RINTALA H, HUHTALA H, SIITONEN S.** Neck muscle strain when wearing helmet and NVG during acceleration on a trampoline. *Aviat Space Environ Med* 2008 ; 79 : 112-6.
40. **LECOMPTE J.** Biomécanique du segment tête-cou in vivo et aéronautique militaire. Approches neuromusculaire et morphologique. Thèse de biomécanique Arts et Métiers Paris Tech, 2007.



41. **NETTO KJ, BURNETT AF, COLEMAN JL.** Neck exercises compared to muscle activation during aerial combat maneuvers. *Aviat Space Environ Med* 2007 ; 78 : 478-84.
42. **LECOMPTE J, MAISETTI O, GUILLAUME A, SKALLI W, PORTERO P.** Neck strength and EMG activity in fighter pilots with episodic neck pain. *Aviat Space Environ Med* 2008 ; 79 : 947-52.
43. **ALRICSSON M, HARMS-RINGDAHL K, LARSSON B, LINDER J, WERNER S.** Neck muscle strength and endurance in fighter pilots : effects of a supervised training program. *Aviat Space Environ Med* 2004 ; 75 : 23-8.
44. **ÄNG BO, KRISTOFFERSSON M.** Neck muscle activity in fighter pilots wearing night-vision equipment during simulated flight. *Aviat Space Environ Med* 2013 ; 84 : 125-33.
45. **LANGE B, MURRAY M, CHREITEH SS, TOFT P, JORGENSEN MB, SOGAARD K, SJOGAARD G.** Postural control and shoulder steadiness in F-16 pilots : a randomized controlled study. *Aviat Space Environ Med* 2014 ; 85 : 420-5.
46. **ROUMES C, PLANTIER J.** *JVN : prévention et sécurité en vol.* Livret d'information édité par l'IMASSA. Juin 2003.
47. **SOVELIUS R, OKSA J, RINTALA H, SIITONEN S.** Neck and back muscle loading in pilots flying High G<sub>z</sub> sorties with and without lumbar support. *Aviat Space Environ Med* 2008 ; 79 : 616-9.
48. **HERAUDEAU FRITSCH A.** Pathologies ostéo-articulaires du personnel navigant. Enquête multicentrique par questionnaire anonyme portant sur 1732 navigants. *Thèse de médecine générale, université Segalen, Bordeaux 2* ; 21 juin 2007.
49. **KOULMANN N.** *Entraînement physique du personnel navigant.* Brevet de médecine aéronautique, Clamart, 2014.
50. **DOIREAU P, COURT C, MANEN O, DAUDET C, BERTRAN PE.** Rachialgies et vol sur avion d'armes : résultat d'une enquête par questionnaire dans l'Armée de l'Air. *Journée de médecine aéronautique du CEMPN de Bordeaux.* 2007.
51. **HERAUDEAU FRITSCH A.** Intérêt de la médecine manuelle et de l'ostéopathie chez le pilote de chasse. *Mémoire DIU de médecine manuelle orthopédique et ostéopathie.* 2008 ; Université Victor Segalen Bordeaux 2.
52. **DINER.** Pathologies vertébrales du pilote de chasse. *Thèse de chef de patrouille EC "1/12 Cambrésis".* 2008.
53. **MARIN M.** Evaluation des bénéfices d'une prise en charge ostéopathique sur les rachialgies des pilotes de chasse. *Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme français d'ostéopathe,* juin 2015.

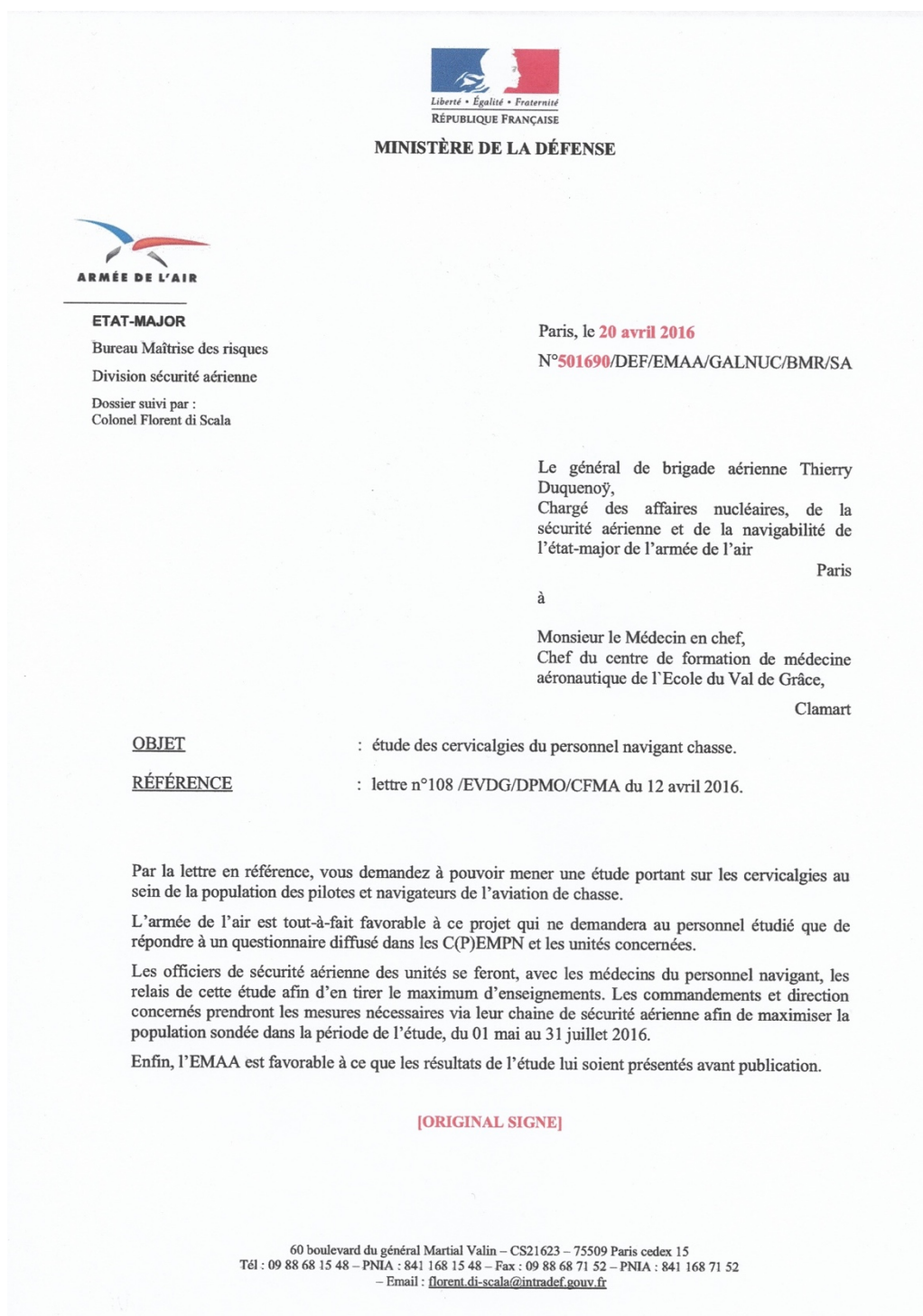
54. **NGUYEN HUYNH S.** Ostéopathie et personnel navigant : Aspects épidémiologiques. *Mémoire pour l'obtention du DIU médecine manuelle Ostéopathie*, 2014.
55. **COCQUEMPOT K.** Troubles musculo-squelettiques du personnel navigant chasse en opération extérieure : Etude prospective des troubles musculosquelettiques du PN chasse sur Mirage 2000 au sein de la base aérienne projetée H5 de Jordanie (Opération Chammal). *Rapport de mission au Service de Santé des Armées*, 2015.
56. **AMBERG A.** Le sport PN en unité. *Bulletin de Sécurité des Vols*. 200 ; 217, 12-13.
57. **MAUGEY B, GRAPPERON J, TROUSSET A.** Rachis cervical et accélérations en aéronautique : approche ergonomique et électromyographique. *Médecine et armées* 1995 ; 23, 7 : 629-35.
58. **DUVAL O.** La condition physique, *Bulletin Sécurité des vols*, numéro spécial – armée de l'air française, 2006, 36p.

# ANNEXES

---

## ANNEXE 1 : Lettre de l'Etat Major de l'Armée de l'Air

---



## ANNEXE 2 : Extrait de l'Instruction Ministérielle 800 relative à l'aptitude médical aux emplois du personnel navigant des forces armées

---

### 3.2.1. Norme A. (Modifié : Instruction du 10/09/2009.)

Exigée pour l'aptitude au siège éjectable.

Mensurations segmentaires :

Les mensurations segmentaires doivent être comprises entre les valeurs suivantes ou, à la limite, égales à ces valeurs :

- hauteur du corps assis : 0,80 m à 1 m ;
- longueur utile du membre supérieur : 0,60 m à 0,80 m ;
- longueur de cuisse : 0,50 m à 0,65 m ;
- longueur de jambe : 0,45 m à 0,60 m.

La taille globale du sujet doit, en outre, être égale ou supérieure à 1,60 m.

À l'admission, le poids doit être compris entre 55 kg et 95 kg ou, à la limite, égal à ces valeurs.

En visite révisionnelle, le poids doit être compris entre 55 kg et 100 kg ou, à la limite, égal à ces valeurs.

Examen du squelette :

L'examen du squelette ne doit faire apparaître aucune des anomalies cliniques ou radiologiques décrites au point 3.3.1.1.1, alinéa o (examen radioclinique du rachis/Causes d'inaptitude communes aux trois normes, A, H et B, causes d'inaptitude spécifiques à la norme A) et qui entraînent l'inaptitude au siège éjectable.

## ANNEXE 3 : Questionnaire de l'étude

---

### **Douleurs cervicales chez les personnels navigants chasse**

Une étude de 2008 avait retrouvé la survenue de douleurs cervicales chez environ 30% des pilotes de chasse et navigateurs de combat de l'armée française. Il nous semble intéressant d'approfondir le sujet pour apprécier la prévalence de ces douleurs et les éventuels facteurs favorisants. Ainsi, par cette enquête, nous souhaitons mieux cerner les problèmes de douleurs cervicales que vous pouvez rencontrer.

Vous êtes environ 300 personnels navigants d'aviation de chasse en France servant sur différents aéronefs et nous comptons sur chacun d'entre vous pour répondre à ce questionnaire. Ce questionnaire anonyme est totalement découplé de toute notion d'aptitude vous concernant. Son objectif est purement scientifique pour permettre, par une meilleure connaissance, une meilleure prévention et une meilleure prise en charge.

Merci encore pour le temps consacré, la bonne réussite de cette enquête dépend de votre participation.

#### **Données anthropométriques**

1. Sexe : H  / F     Age : \_\_\_\_\_ ans    Poids : \_\_\_\_\_ kg    Taille : \_\_\_\_\_ cm
2. Tabac : oui  / non     Ancien fumeur ? oui  / non
3. Nombre moyen d'heures de sommeil par nuit \_\_\_\_\_

#### **Parcours aéronautique**

4. Êtes-vous ? pilote  / navigateur     Armée de l'air  / Marine
5. Date obtention du brevet ? \_\_\_\_\_
6. Nombre total d'heures de vol à ce jour dans le cadre militaire \_\_\_\_\_ dans le cadre civil : \_\_\_\_\_
7. Pratiquez-vous de la voltige ? oui  / non     Si oui : nombre total d'heures de voltige ? \_\_\_\_\_
8. Aéronef piloté actuellement \_\_\_\_\_    Nombre d'heures de vol sur cet aéronef ? \_\_\_\_\_
9. Différents types d'avions pilotés (noter les principaux) et, si possible, le nombre total d'heures de vol par avion  
-  
-  
-
10. À quelle fréquence effectuez-vous des vols à plus de 5G ? 1 vol sur 10  / entre 1/10 et 1/3 des vols  / entre 1/3 et 2/3 des vols  / plus de 2/3 des vols

11. Combien de jours approximativement avez-vous passé hors métropole (OPEX, MCD, Embarquement...) en poste PN : ces 12 derniers mois ? \_\_\_\_\_ ces 2 dernières années ? \_\_\_\_\_

### **Profil physique et sportif**

12. Combien d'heures de sport pratiquez-vous /semaine en moyenne ? \_\_\_\_\_
13. Combien de mois dans l'année pratiquez-vous du sport ? \_\_\_\_\_
14. Pratiquez-vous le sport encadré sur base ? oui  / non
15. Quel(s) sport(s) pratiquez-vous ? Indiquez en premier le sport le plus pratiqué:  
\_\_\_\_\_
16. Pratiquez-vous une activité physique autre que le sport (jardinage, bricolage, manutention...)? oui  / non
17. Si plus d'une fois, à quelle fréquence par semaine ? \_\_\_\_\_

### **Mesures posturales**

18. Travaillez-vous spécifiquement les muscles du cou ? (plusieurs réponses possibles) :  
avec un moniteur  / séances collectives  / seul  / autre (précisez)  
\_\_\_\_\_
19. Connaissez-vous les mesures de prévention posturales ? oui  / non
20. Pensez-vous avoir une connaissance suffisante de ces mesures posturales ? oui  / non
21. Pratiquez-vous ? (plusieurs réponses possibles) l'échauffement au sol  / le G-Warm up en vol  / la récupération musculaire  / l'étirement après le vol  / Autre (précisez) \_\_\_\_\_
22. A quelle fréquence les pratiquez-vous ? tous les jours  / plusieurs fois par semaine  / moins de 2 fois par semaine  / seulement avant les vols  / uniquement en cas de douleur  / jamais

### **Douleurs cervicales : ce sont uniquement des douleurs du cou et/ou de la nuque, elles ne comprennent pas les douleurs du dos et bas du dos.**

23. Avez-vous déjà présenté un traumatisme cervical (accident, sport, éjection...)? oui  / non
24. Si oui, quel type de blessure (simple contracture/entorse/fracture/hernie discale) ?  
\_\_\_\_\_
25. Si oui, précisez la date de la blessure (mois, années) ? \_\_\_\_\_
26. Avez-vous déjà présenté des douleurs cervicales ? oui  non

**SI NON, passez à la question 58, si OUI poursuivez :**

27. A quand remonte votre première douleur cervicale (année) ?  
\_\_\_\_\_
28. Selon vous, à quoi était-elle liée (plusieurs réponses possibles) ? aux vols  / conditions de couchage  conditions de vie embarquée  autre  
\_\_\_\_\_
29. Avez-vous présenté un épisode de douleur cervicale dans les 12 derniers mois ? oui  non
30. Avez-vous présenté plus de douleurs cervicales lors des missions (OPEX, embarquement...) ? oui  non
31. Quelle a été l'évolution globale de ces douleurs cervicales ? un seul épisode  / succession d'épisodes douloureux  / fond douloureux permanent  / aggravation progressive  / douleur permanente
32. Comment a évolué cette douleur lors de l'épisode le plus douloureux ? elle a disparu sans complications en quelques heures  / quelques jours  / la douleur n'a jamais guéri et revient régulièrement  / la douleur a empiré

**Survenue des douleurs cervicales**

33. Ces douleurs sont-elles survenues **lors d'un simulateur** ? oui  / non
34. Ces douleurs sont-elles survenues **en vol** ? oui  / non

Si oui (plusieurs réponses possibles):

- Avec un équipement particulier : port de JVN  / port de la combinaison étanche  / port du gilet de combat  / port de la Mae-West
  - Au cours de mission(s) particulière(s) : combat aérien  / basse altitude en suivi de terrain  / vol long  / travail en pod de désignation laser  / ravitaillement en vol  / vol de nuit
  - A l'occasion du catapultage  / de l'appontage  / autre  
\_\_\_\_\_
  - En rapport avec le facteur de charge ? oui  / non
  - En rapport avec la posture dans l'aéronef (plusieurs réponses possibles) : check six  / extension  / flexion  / rotation  / autre (préciser) \_\_\_\_\_
35. Ces douleurs sont-elles survenues **à l'issue d'un vol** ? oui  / non
36. Ces douleurs sont-elles survenues **en dehors des périodes de vol** ? oui  / non

**Fréquence et intensité des douleurs cervicales**

37. A quelle fréquence ces douleurs surviennent/survenaient-elles ?  
<1 fois/an  / 1 à 3 fois/an  / 3 à 6 fois/an  / >6 fois/an

38. Si ces douleurs surviennent/survenaient **en vol**, à quelle fréquence?  
à chaque vol / chaque semaine / chaque mois / quelque fois par an
39. Sur une échelle de 0 (aucune douleur) à 10 (pire douleur jamais ressentie), comment évaluez-vous la douleur cervicale la plus intense que vous avez ressentie? : \_\_\_\_\_

### **Retentissement des douleurs cervicales**

40. Ces douleurs ont-elles déjà eu un retentissement sur la mission que vous meniez ? oui / non
41. Si oui (plusieurs réponses possibles) : arrêt de la mission / difficulté de réalisation de la mission / perte de concentration / autre (préciser) \_\_\_\_\_
42. Comment évaluez-vous leur retentissement (de 0 pas de retentissement à 10 retentissement néfaste majeur) :
- sur votre capacité de concentration? \_\_\_\_\_
  - sur votre sommeil ? \_\_\_\_\_
  - sur l'accomplissement des actes de votre vie quotidienne ? \_\_\_\_\_
  - sur votre vie quotidienne (famille, loisirs...)? \_\_\_\_\_
43. Comment estimez-vous la mise en jeu de la sécurité des vols lors de la survenue de douleurs cervicales ? (de 0 jamais à 10 à chaque vol) ? \_\_\_\_\_
44. Si \_\_\_\_\_ oui : \_\_\_\_\_ comment ? \_\_\_\_\_
45. Ces douleurs ont-elles eu une influence sur votre aptitude au vol ? oui  / non
46. Si oui, comment ? (plusieurs choix possible) : annulation du vol de votre part / inaptitude temporaire de vol / inaptitude CCPM / congé maladie / dérogation médicale / autre (préciser) \_\_\_\_\_
47. Combien de jours environ n'avez vous pas pu voler à cause des douleurs cervicales ? \_\_\_\_\_

### **Consultation/ prise en charge**

48. Avez-vous déjà parlé de vos douleurs cervicales à un personnel de santé ? oui / non
49. Si oui, à qui ? (plusieurs choix possible) Médecin PN / CEMPN / Médecin traitant / kinésithérapeute /ostéopathe
50. Avez-vous réalisé un bilan ? oui /non
51. Si oui, lequel ? (plusieurs choix possible) consultation médicale / radiographies / scanner  / IRM



52. Avez-vous pris des traitements médicamenteux ? oui  / non
53. Si oui, lesquels ? \_\_\_\_\_
54. Avez-vous pris un traitement sans ordonnance ? oui / non
55. Avez-vous eu des effets secondaires des traitements ? oui / non
56. Si oui, lesquels ? \_\_\_\_\_
57. Avez-vous eu d'autres traitements ? kinésithérapie  / ostéopathie / chirurgie / minerve (contention)

### **Prévention**

58. Pensez-vous qu'une amélioration de la prévention soit possible ? oui /non
59. Si oui, amélioration par (plusieurs réponses possibles) : l'hygiène de vie / le renforcement postural / l'amélioration des équipements / une meilleure information / autre (préciser) : \_\_\_\_\_

### **Facteurs d'environnement**

60. Combien d'heures travaillez-vous par semaine en moyenne ? \_\_\_\_\_
61. Combien d'heures volez-vous par semaine ? \_\_\_\_\_
62. Combien d'heures travaillez-vous par jour sur un ordinateur ? \_\_\_\_\_
63. Depuis combien d'années (mois) travaillez –vous dans votre poste actuel ? \_\_\_\_\_
64. Comment estimez-vous votre moral actuellement ? excellent / très bon / plutôt bon /plutôt mauvais /mauvais
65. Évaluez votre fatigue physique sur une échelle de 0 (aucune) à 10 (extrême) ? \_\_\_\_\_
66. Évaluez votre fatigue psychique sur une échelle de 0 (aucune) à 10 (extrême) ? \_\_\_\_\_
67. Évaluez votre satisfaction au travail sur une échelle de 0 (aucune) à 10 (excellente) ? \_\_\_\_\_
68. Évaluez la pression exercée sur vous au travail sur une échelle de 0 (aucune) à 10 (insupportable) ? \_\_\_\_\_
69. Évaluez vos perspectives d'avenir professionnel sur une échelle de 0 (aucune) à 10 (excellentes) ? \_\_\_\_\_

### **Remarques libres :**

**Merci de votre participation, veuillez déposer le questionnaire dans l'urne à la sortie.**

## ANNEXE 4 : Abstract soumis à l'Aerospace Medical Association 88th annual scientific meeting, Denver (USA) 2017

---

**CONTROL ID:** 2652024

**TYPE:** Original Research

**CURRENT TOPIC:** 6. Other

**CURRENT SUBTOPIC:** 6.2 Other Related Topics

**TITLE:** NECK PAIN PREVALENCE ON FRENCH FIGHTER AIRCRAFT CREW : OBSERVATIONAL STUDY AMONG 311 FLYING CREW MEMBERS

**AUTHORS (FIRST NAME INITIAL LAST NAME):** F. Raynaud<sup>3</sup>, C. Dussault<sup>4</sup>, J. MONIN<sup>1</sup>, E. Perrier<sup>1</sup>, N. Koulmann<sup>4</sup>, S. COSTE<sup>2, 1</sup>

**INSTITUTIONS (ALL):**

1. Aeromedical Center - Percy military hospital, CLAMART, France.
2. Aviation Medicine Training center, French Military Medicine Academy, Clamart, France.
3. PERCY Hospital, Clamart, France.
4. Military Biomedical Research Institute, Bretigny, France.

**Abstract Body:** Introduction: the increasing performances of modern fighter aircrafts imposed more physical constraints on pilots. The main musculoskeletal constraints concern the cervical spine and is responsible for neck pain whose prevention still remains difficult. We propose a neck pain survey on French fighter crew members in order to determine its prevalence and its potential contributing factors. Methods: an anonymous questionnaire was distributed

in the military aeromedical centers and in the fighter squadrons from May to July 2016. Every fighter aircraft personnel (pilots and navigators) from the French Air Force and Navy was invited to complete the survey. Besides the anthropometrics and the aeronautical path, the onset, frequency, intensity and impact of neck pain were studied as well as its modes of occurrence. Results: 311 fighter aircraft personnel completed the survey, their mean age was

36.09 +/- 6.88 years. 82.3% of respondents were French air force fighter pilots. 60.4% (n = 188) of fighter aircraft personnel reported having experienced neck pain. 63% of the air force pilots reported having had neck pain vs 40.5% of the navy pilots. The history of neck trauma was identified as neck pain provider (23.2% vs 5%). Only 58.8% of respondents claimed to know the postural preventive measures but 65.6% of them reported not having sufficient knowledge of these measures. No relation was found between neck pain and age or total flight hours of the personnel. 71.7% (n = 134) of the fighter aircraft personnel suffering neck pain had experienced it in flight. The major factors in flight triggering neck pain were G-load exposure (59.6%), air combat maneuvers (53.7%), rotation (39.3%), checking-six (32.4%) and wearing night vision goggles (NVG) (31.9%). 7.1% of neck pain suffering fighters flying personnel reported having pain at every flight. The average duration of flight incapacity was estimated to be 2.94 +/- 7.49 days. 46.8% of fighter aircraft personnel with neck pain reported having consulted an osteopath. Discussion: On modern fighter aircrafts, more than half of the personnel experienced neck pain and for the majority of them, the pain occurred during a flight particularly with G-load and air combat maneuvers. More information, practice of cervical muscle strengthening exercises and warm-up must be taught during the career of fighter aircrew members. A longitudinal follow-up of fighter aircraft personnel during their career must be suggested.

**TITRE : Cervicalgies chez les personnels navigants de l'aviation de chasse française.** *Etude observationnelle par questionnaire anonyme chez 311 personnels navigants.*

**Objet :** Les avions de chasse modernes imposent des contraintes musculo-squelettiques ciblées sur le rachis cervical du personnel navigant (PN). Nous proposons une étude épidémiologique des cervicalgies chez les PN chasse afin d'en déterminer la prévalence ainsi que des facteurs favorisants potentiels. **Méthodes :** Un questionnaire anonyme a été soumis à tous les PN chasse (pilotes et navigateurs officiers système d'arme) de l'armée de l'air (AA) et de la marine en visite au sein des centres d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) ainsi que dans les escadrons de chasse entre mai et juillet 2016. **Résultats :** 311 PN chasse, d'âge moyen  $36 \pm 7$  ans, ont répondu à l'enquête. 82,3% des PN interrogés étaient des pilotes. 60,4% des PN déclaraient avoir présenté des douleurs cervicales, 63% des pilotes de l'AA contre 40,5% des pilotes de l'aéronavale. Parmi les PN souffrant de cervicalgies, 71,7% les avaient ressentis en vol. Les facteurs majeurs déclenchants des cervicalgies en vol étaient le facteur de charge (59,6%), le combat aérien (53,7%), la position en rotation (39,3%), la position « check-6 » (32,4%) et le port des jumelles de vision nocturne (31,9%). L'antécédent de traumatisme cervical constituait un facteur de risque de cervicalgies ( $p < 0,01$ ), de même que la fonction de navigateur. L'âge, le nombre d'heures de vols ou le type d'avion n'étaient pas significativement liés à des cervicalgies. **Discussion :** Nous suggérons des recommandations portant notamment sur la sensibilisation au renfort musculaire du rachis. Une étude longitudinale des PN chasse sur toute leur carrière pourrait être proposée afin de mieux évaluer les facteurs de survenue des cervicalgies.

**Mots-clefs :** cervicalgies, personnel navigant, aviation de chasse

**TITLE : Neck pain on French fighter aircraft crew members.** *Observational study by anonymous questionnaire among 311 flying crew members.*

**Background :** The performances of modern fighter aircrafts imposed musculoskeletal constraints on the cervical spine of fighter pilots. We propose a neck pain survey on French fighter crew members in order to determine its prevalence and its potential contributing factors. **Methods:** An anonymous questionnaire was distributed in the military aeromedical centers and in the fighter squadrons from May to July 2016. Every fighter aircraft members (pilots and navigators) from the French Air Force (FAF) and Navy were invited to complete the survey. **Results:** 311 fighter aircraft members, mean age  $36 \pm 7$  years, completed the survey. 82,3% of respondents were pilots. 60.4% of fighter aircraft members reported having experienced neck pain, 63% of the FAF pilots vs 40.5% of the navy pilots. 71.7% of the fighter aircraft personnel suffering neck pain had experienced it in flight. The major factors triggering neck pain in flight were G-load exposure (59.6%), air combat maneuvers (53.7%), rotation (39.3%), checking six (32.4%) and wearing night vision goggles (31.9%). The history of neck trauma was identified as neck pain provider ( $p < 0,01$ ), as well as being a navigator. No relation was found between neck pain and age or total flight hours of the crew members or aircraft's type. **Conclusion:** We suggest recommendations particularly on practice of cervical muscle strengthening exercises. A longitudinal survey of fighter aircraft members throughout their careers must be suggested in order to evaluate the trigger's factors of neck pain.

**Keywords:** neck pain, flying personnel, fighter aircraft

Université Paris Descartes  
Faculté de Médecine Paris Descartes  
15, rue de l'Ecole de Médecine  
75270 Paris cedex 06