Épreuves de contraintes et tests en vol : un aspect spécifique de la médecine aéronautique militaire

D. Dubourdieu[a], J. Monin[a, b], S. Coste[c], A.-P. Hornez[a, b], É. Perrier[a, b], O. Manen[a, b]

a Centre principal d'expertise médicale du personnel navigant, HIA Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.
b École du Val-de-Grâce, 1 place Alphonse Laveran – 75230 Paris Cedex 05.
c Centre de formation de médecine aéronautique, École du Val-de-Grâce – 92141 Clamart Cedex.

Résumé

Les normes réglementaires d'aptitude requises en médecine aéronautique militaire sont particulièrement strictes. Elles se justifient par l'existence combinée d'un environnement aéronautique contraignant et d'une exigence opérationnelle s'exerçant sur l'organisme du personnel navigant militaire. Certains processus de réhabilitation destinés, par définition, aux personnels navigant expérimentés, requièrent la mise en œuvre d'épreuves de contraintes (centrifugeuse, caisson à dépression) et/ou l'enregistrement de paramètres physiologiques en vol. Ils peuvent nécessiter également la réalisation d'un test ergonomique en simulateur ou sur aéronef en vol. Nous présentons notre expérience dans ce domaine qui, dans les cas les plus favorables, participe à la reprise d'une activité aéronautique interrompue au bénéfice premier de l'institution militaire.

Mots-clés : Aptitude. Caisson à dépression. Centrifugeuse. Personnel navigant militaire. Test en vol.

Abstract

TESTS OF CONSTRAINTS AND TESTS DURING FLIGHT: A SPECIFIC ASPECT OF MILITARY AERONAUTICAL MEDICINE

The requirements for fitness in military aeronautical medicine are particularly strict. They are defined by the existence of a binding aeronautical environment together with an operational requirement applied to the body of the military aircrew. Some processes of rehabilitation of aircrews under experiment require the implementation of tests of constraints (vacuum chamber, centrifuge) and/or the recording of physiological parameters during flight. They can also require the application of an ergonomic test in a flight simulator or on aircraft. We present our experience in this domain, which in the best case leads to resuming the interrupted aeronautical activity benefiting the overall military institution.

Keywords: Fitness. Military aircrew member. Vacuum chamber. Centrifuge. Test during flight.

Introduction

Les critères d'aptitude requis en admission aéronautique militaire sont particulièrement stricts. Ils sont réglementés pour toutes les spécialités navigantes (pilotes de chasse, de transport, d'hélicoptère, et mécaniciens navigants) par une instruction ministérielle spécifique qui garantit un haut niveau de sécurité aérienne et une harmonisation des pratiques d'aptitude (1). Ils se justifient par l'existence combinée d'un environnement aéronautique contraignant et d'une exigence opérationnelle s'exerçant sur l'organisme du Personnel navigant militaire (PN). Néanmoins, l'expérience aéronautique acquise par le PN tout au long de sa carrière, à même de pallier certains états médico-physiologiques limites, autorise, au cas par cas, à reconsidérer certaines situations médicales qui pourraient être rédhibitoires en expertise d'admission. Cette logique répond également à la question du coût considérable investi par l'institution militaire pour la formation du PN.

La mise en œuvre d'épreuves de contraintes aéronautiques (centrifugeuse, caisson à dépression) et/ou la réalisation de tests en simulateur ou sur aéronef en vol peut ainsi être nécessaire à l'évaluation du PN. Il s'agit là de dispositions uniques en expertise médico-militaire. Leur indication est formulée par le médecin expert en médecine aéronautique exerçant en centre d'expertise médicale du personnel navigant dès lors qu'il a été procédé à une première évaluation médicale

D. DUBOURDIEU, médecin en chef, praticien certifié. J. MONIN médecin principal, praticien confirmé. S. COSTE, médecin en chef, praticien confirmé. A.-P. HORNEZ, médecin en chef, praticien confirmé. É. PERRIER, médecin en chef (TA), professeur agrégé du Val-de-Grâce. O. MANEN, médecin en chef, professeur agrégé du Val-de-Grâce.

Correspondance : Monsieur le médecin en chef D. DUBOURDIEU, DEA – Centre principal d'expertise médicale du personnel navigant, HIA Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.

E-mail : dominique.dubourdieu@intradef.gouv.fr

satisfaisante, généralement conduite au cours d'une hospitalisation dans le service de médecine aéronautique de l'HIA Percy.

En cas d'inaptitude réglementaire, ces explorations permettent l'élaboration d'un avis, favorable ou non à la poursuite de l'activité, prononcé par la Commission médicale de l'aéronautique de défense (CMAD) (2). La CMAD est une commission médico-militaire mixte présidée par l'inspecteur du Service de santé pour l'armée de l'Air composée, pour chaque armée, de médecins militaires ayant autorité dans le domaine aéronautique et d'officiers du commandement. Cet avis, rendu au commandement dans le cadre du recours réglementaire effectué par le PN, peut être assorti, dans certains cas où il persisterait un risque latent pour la sécurité aérienne, de restrictions particulières d'emploi telles que la présence d'un second pilote qualifié à bord.

Les contraintes aéronautiques

Les contraintes aéronautiques sont liées au domaine du vol (altitude) et à l'aéronef lui-même (accélérations).

Hypobarie d'altitude

La pression dans l'atmosphère ou pression barométrique (PB) diminue avec l'altitude selon une loi approximativement exponentielle. Selon la loi de Boyle-Mariotte, le produit de la pression et du volume d'un gaz est une constante. Son application aux gaz contenus à l'intérieur de cavités closes ou semi-closes de l'organisme (cavités ORL et tube digestif principalement) conduit à des variations de volume accompagnées de distensions pariétales quand elles ne sont pas librement expansibles. Ce barotraumatisme peut être extrêmement douloureux (caisse du tympan, cavités sinusiennes,…) voire syncopal au stade de la rupture (3). La sécurité aéronautique est alors engagée.

Hypoxie d'altitude

La composition de l'atmosphère est globalement constante dans toute la gamme d'altitude rencontrée en aéronautique avec une fraction en oxygène (FiO_2) constante de l'ordre de 0,21. Cela signifie que la pression partielle en O_2 varie dans l'atmosphère avec le même rapport que la pression barométrique entraînant avec elle, sur l'organisme du PN, la diminution de la pression alvéolaire en O_2. Cette hypoxie d'altitude met directement en jeu la survie du PN ou tout au moins le maintien de ses capacités psychomotrices par son impact sur les grandes fonctions végétatives et par la dégradation des fonctions de relation (3).

Les accélérations

Les évolutions des avions de combat et l'exercice de la voltige aérienne exposent les pilotes de chasse, les Navigateurs officier système d'arme combat (NOSA combat), mais aussi les moniteurs et élèves pilote en école de début aux effets physiologiques des accélérations.

L'accélération qui est la variation de la vitesse par rapport au temps est représentée par un multiple de G qui est l'accélération de la pesanteur selon la loi de Newton $F = m.G$, où $G = 9{,}81\ m.s^{-2}$. Une force d'inertie de même axe mais de direction opposée est ainsi générée et décrit la résistance de la masse matérielle à toute modification de mouvement. C'est, en fait, cette force d'inertie qui est ressentie par l'organisme. La sensation habituelle de la pesanteur terrestre répond à une accélération de 1 G.

Les trajectoires curvilinéaires que les avions de combat ou de voltige décrivent, produisent des accélérations dites « radiales » car s'exerçant selon le rayon des portions curvilignes. Celles qui s'exercent dans le sens vertical siège-tête sont dites + Gz car elles sont appliquées selon le grand axe du corps et des gros vaisseaux (axe Z) dans le sens choisi comme positif par convention. Il existe également des accélérations Gx et Gy s'exerçant respectivement dans les sens horizontal et transversal (3). Elles sont de moindre importance au niveau aéronautique (fig. 1).

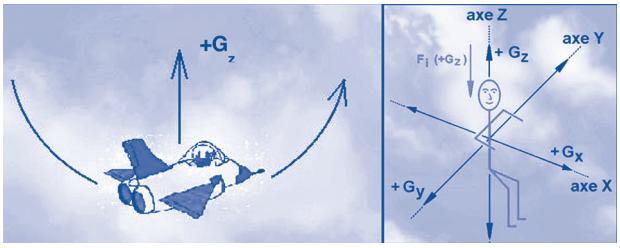


Figure 1. Définition des accélérations et de la force d'inertie + Gz.

Un autre concept est celui de variation de l'accélération désigné par les auteurs anglo-saxons sous le terme de *jolt*. Exprimé en $m.s^{-3}$ ou usuellement en $G.s^{-1}$, il définit la dynamique des accélérations (3).

Conséquences mécaniques des accélérations

Dans les avions de combat mais aussi lors d'exercices de voltige sur les avions-écoles, le fait de tirer sur le manche, lors des « ressources », des virages ou dans les situations de combat aérien, a pour conséquence de soumettre le pilote à un facteur de charge qui multiplie les effets de la pesanteur d'un facteur égal à l'intensité de son application. Dans les conditions médico-physiologiques habituelles, la condition physique du PN est à même de bien tolérer ces contraintes mécaniques sous réserve de la bonne gestion de l'état de fatigue musculaire ainsi suscité. À + 2 Gz, il s'agit d'une sensation de compression modérée sur le siège avec lourdeur de la tête et des jambes et difficulté à se mouvoir. À + 4 Gz, la sensation de lourdeur est telle qu'elle rendrait impossible la marche si le PN devait ainsi se mouvoir dans son aéronef (3).

Sur le plan physiopathologique, cette mise en charge met en tension les sommets pulmonaires qui sont étirés vers le bas favorisant la rupture de systèmes bulleux éventuels et, de ce fait, la survenue d'un pneumothorax et son aggravation progressive majorée par l'hypobarie

d'altitude (4). De plus, les PN chasse, pour améliorer leur tolérance au facteur de charge doivent effectuer des manœuvres respiratoires et musculaires dites « manœuvres anti-G », qui augmentent leur pression intra-thoracique et peuvent de ce fait favoriser la rupture des systèmes bulleux. Aussi, l'application de cette même charge à un éventuel corps étranger ainsi mobilisé pourrait être délétère du fait des douleurs générées et/ou des conséquences de sa localisation au contact d'un organe sensible, visuel par exemple.

Effets sur le système cardiovasculaire

La force d'inertie générée par les accélérations + Gz produit une élévation proportionnelle de la pression hydrostatique de la colonne sanguine à la base du cerveau qui, à la gravité habituelle de 1 G, est de l'ordre de – 30 hPa. La Pression de perfusion cérébrale (PPC) est la résultante de la pression d'éjection systolique diminuée des pressions hydrostatique et cinétique (la valeur de cette dernière peut être négligée) (3). Pour maintenir un fonctionnement neuronal minimal, qui cesse après les 5 secondes d'épuisement de la réserve en O_2, il est nécessaire de maintenir une Ppc minimale. Des mécanismes physiologiques cardio-vasculaires et neuro-humoraux correcteurs se mettent alors en place. La diminution de la pression artérielle supra-cardiaque perçue au niveau des barorécepteurs sinocarotidiens et aortiques entraîne une levée du tonus inhibiteur vagal et un renforcement du tonus sympathique. Fréquence cardiaque et Pression artérielle systolique (PAS) sont ainsi régulées à la hausse. Des réponses neuroendocriniennes rapides sont mises en œuvre par l'activation de la médullo-surrénale avec des effets comparables sur l'augmentation de la fréquence cardiaque et celle de la PAS. D'autres réponses d'origine humorale plus lentes mettent en jeu des mécanismes correcteurs de la volémie en particulier par l'intermédiaire du système rénine-angiotensine-aldostérone (5-7).

La difficulté qu'a le système cardiovasculaire à élever la pression d'éjection systémique pour maintenir un niveau suffisant de PPC est majorée par le déplacement de la masse sanguine vers les membres inférieurs limitant la précharge cardiaque. Cette hypoxémie d'origine circulatoire est aggravée par des troubles associés des rapports ventilation/perfusion pulmonaires.

Entre 4,5 et 6 G, sans contre-mesure ni réaction cardiovasculaire efficace, la PPC devient quasi nulle à l'origine d'une perte de conscience, parfois soudaine, appelée G-loc. La survenue du G-loc peut être précédée de signes neurosensoriels : des troubles visuels à type de voile gris surviennent entre 3 et 4,5 G et de voile noir entre 4 et 5,5 G. Le voile gris se présente comme un rétrécissement du champ visuel associé à la diminution du sens chromatique, de l'acuité visuelle et la perception lumineuse alors que le voile noir correspond à une perte totale de la vision (3).

Facteurs de tolérance aux accélérations

La tolérance aux accélérations + Gz de longue durée dépend de caractéristiques liées à la vitesse de mise en application du facteur de charge qui :

– lorsqu'elle est faible de l'ordre de 0,2 $G.s^{-1}$ permet l'instauration des mécanismes physiologiques correcteurs et le passage par les stades successifs de voiles gris, puis noir avant la perte de conscience ;

– lorsqu'elle est rapidement établie, en particulier lors des accélérations soutenues de haut niveau (*jolt* de 3 $G.s^{-1}$, niveau 7 G, maintenues 15 secondes), la perte de conscience est susceptible de survenir d'emblée.

Les successions d'accélérations négatives puis positives dégradent également la tolérance à ces accélérations + Gz. Elles sont responsables de pertes de conscience observées pour des niveaux d'accélération faibles, de 2 G simplement, et désignées par le terme de *push pull effect*, car retrouvé lorsque le pilote pousse puis tire sur le manche.

Il est reconnu également que la tolérance du pilote dépend également de facteurs environnementaux et physiologiques qui mobilisent la masse sanguine tels que :

– la chaleur qui déplace le débit sanguin vers les territoires cutanés ;

– la déshydratation observée à la chaleur et en cas de restriction hydrique ;

– la digestion qui déplace une partie du débit sanguin vers le territoire splanchnique.

Par ailleurs, les accélérations longitudinales sont connues pour intervenir sur l'équilibre de la balance vagosympathique par le biais de facteurs spécifiques et non spécifiques. Plus, une mise en accélérations + Gz aura, dans sa phase active, une action sympathique directe et indirecte via la libération de catécholamines plasmatiques favorisant de la sorte des troubles de la conduction et de l'excitabilité ventriculaire et supra ventriculaire. Dans sa phase de repos, ce seront des mécanismes parasympathiques mettant en jeu les barorécepteurs carotidiens qui pourront déclencher des phénomènes de bradycardie appelés couramment « coup de frein vagal » (8). Par ailleurs, l'exposition à une hypoxie, éventuellement rencontrée dans certaines situations aéronautiques, aura une action arythmogène qui lui est propre, sensibilisant par ailleurs le myocarde à l'activité sympathique. Enfin, les facteurs non spécifiques tels que la charge physique et le stress regroupant la tension psychologique du pilotage, les contraintes neurosensorielles et certains rythmes de travail entraînent une action sur le système sympathique par la libération des catécholamines plasmatiques.

Les contre-mesures

La pressurisation cabine

Afin de pallier les effets de l'hypoxie d'altitude, il faut maintenir dans la cabine une PAO_2 suffisante. Deux techniques sont utilisables : agir sur le taux de FiO_2, c'est l'inhalation de gaz enrichis en oxygène, ou déterminer une Pression barométrique suffisante à l'intérieur de la cabine (PBC) supérieure à la Pression barométrique qui règne à l'altitude de vol (PBZ), c'est la pressurisation qui prévient également des barotraumatismes. On parle

aussi d'altitude de rétablissement Z'. Pour des raisons de résistance structurale de l'avion à cette différence de pression, le choix d'une valeur de pressurisation ne peut être qu'un compromis entre cette contrainte et la tolérance de l'organisme à l'hypoxie d'altitude.

La pression de la cabine dépendra de la population transportée et du type d'appareil : on comprend aisément que les niveaux recherchés seront différents entre une ligne commerciale civile et un vol opérationnel militaire. La pressurisation permet de maintenir une pression cabine supérieure à la pression atmosphérique, mais contrairement à une cabine étanche, la pression cabine restera inférieure à la pression atmosphérique au niveau du sol. Par exemple, un Airbus A320 volant à une altitude de 40 000 ft soumettra ses passagers à une altitude cabine de 8 000 ft (2 438 m). Par ailleurs, la réglementation concernant les avions de ligne impose de ne pas dépasser une « altitude cabine » de 8 000 ft (2 438 m). À cette altitude, les volumes sont tout de même augmentés de 25 %.

Sur le plan militaire, les avions de chasse sont pressurisés à partir de 2 500 m et permettent une augmentation de pression de 300 hPa par rapport à la pression atmosphérique. La prévention de l'hypoxie d'altitude est alors assurée par le port d'un masque à oxygène. Dans l'aviation de transport, la principale exposition à l'hypobarie est liée aux largages à très grande hauteur, avec une période de pressurisation nulle du fait de l'ouverture de l'aéronef.

Les protections anti-G

L'évolution technologique des avions d'armes dans le domaine de la puissance développée et de la vélocité s'est accompagnée de la mise en place de contre-mesures spécifiques passives et actives vis-à-vis des accélérations.

Une augmentation supplémentaire de tolérance de 0,3 à 0,5 G est rendue possible sur le Rafale en raison de l'inclinaison du siège en arrière de 30 degrés réduisant la hauteur de la colonne hydrostatique cœur-cerveau et, par là même, les effets hydrostatiques au-dessus du niveau du cœur. Le pantalon anti-G permet une compression externe active sur le réseau veineux dit « capacitif » qui limite le stockage de la masse sanguine dans la partie inférieure du corps et facilite le retour veineux vers la pompe cardiaque. Avec les pantalons anti-G français classiques à 5 vessies, les seuils des troubles visuels et des G-LOCs sont augmentés de 1,5 G avec des équipements bien adaptés et ajustés au PN. Le seuil des troubles visuels peut ainsi passer de +3 à +5 Gz et le seuil des GLOCs peut passer de +5 à +7 Gz.

Les personnels navigants restent ainsi vulnérables pour des expositions supérieures à +7 Gz (au-delà de 5 secondes). C'est pourquoi il est impératif de mettre en œuvre un moyen de protection anti-G supplémentaire par des manœuvres musculo-respiratoires encore appelées Manœuvres anti-G volontaires (MAG) que nous ne décrirons pas ici. Elles sont particulièrement recommandées dès que l'exposition au Gz est supérieure à 4G, voire dès 2,5 G en cas d'exposition préalable au – Gz (effet *push pull*).

Épreuves de contraintes et enregistrements en vol

La réalisation des épreuves de contrainte en caisson à dépression dénommé aussi caisson d'altitude et en centrifugeuse s'effectue toujours, pour des raisons de sécurité médicale, sous supervision d'un médecin avec un matériel de réanimation cardio-vasculaire. Utilisant les mêmes lieux avec souvent les mêmes équipes, elles ne doivent pas être confondues avec l'Instruction aéro-médicale (IAM) des personnels navigants qui est dédiée respectivement à la sensibilisation du PN au seuil hypoxique et à l'apprentissage des manœuvres anti-G sous facteur de charge. Elles permettent de reproduire, au plus près de la réalité des vols, les conditions aéronautiques auxquelles est exposé le PN expertisé. Mais, pour être véritablement dans les conditions de la réalité aéronautique, des enregistrements en vol peuvent être demandés. Pour des raisons de sécurité aérienne, ils ne doivent pas occasionner de gêne au pilotage et il est, bien entendu, imposé la présence d'un second pilote qualifié à bord. Il peut s'agir de la mesure de la SpO_2 ou du Holter ECG dont l'interprétation sera faite en lien avec le facteur de charge enregistré par l'accéléromètre de l'aéronef.

Le caisson à dépression

Le caisson à dépression évalue dans des scénarios proches des conditions opérationnelles, les contraintes aéronautiques d'exposition à l'hypoxie mais aussi celles liées aux variations de la pression atmosphérique. Il s'agit d'apprécier la tolérance à l'hypoxie du PN et de s'assurer de l'absence de symptomatologie fonctionnelle, douloureuse en particulier, liée à l'hypobarie (fig. 2).

Anciennement réalisées au CPEMPN ou au sein de l'ex-LAMAS (Laboratoire de médecine aéronautique et spatiale) qui ont dû se défaire, il y a quelques années, de leur caisson respectif, l'indication de ces expertises est actuellement plus rarement portée qu'auparavant. À l'heure actuelle, elles sont réalisées au caisson du Département de médecine aéronautique et opérationnelle, unité délocalisée de l'Institut de

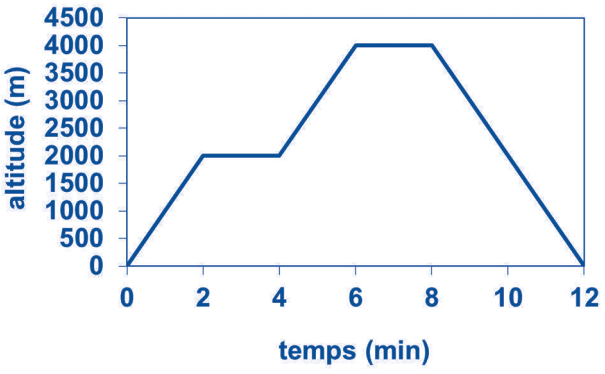


Figure 2. Exemple d'évolution de pression dans le caisson à hypoxie pour le pilote de chasse.

recherche et de biologie des armées qui est située sur la base aérienne de Mont-de-Marsan.

Les pathologies ORL, en particulier après méato-ethmoïdectomie, représentaient un motif habituel d'exploration en caisson, actuellement indiqué plus sélectivement au cas par cas.

Par contre, on ne saurait passer outre cette exploration après la survenue d'un pneumothorax spontané idiopathique surtout quand il n'a pas été possible d'affirmer l'absence de blebs, dystrophies bulleuses pleurales, mal visualisées par le scanner thoracique (4).

La centrifugeuse

La Centrifugeuse humaine d'application de recherches médicales et d'études scientifiques (CHARMES) de l'IRBA à Brétigny-sur-Orge répond à un besoin d'investigation dynamique complémentaire uniquement chez le PN chasse et l'élève PN chasse ou en tronc commun (fig. 3). Son enveloppe opérationnelle avec un siège Mark 10 autorise un lancement jusqu'à + 9 Gz et – 2 Gz avec un jolt de 6 $G.s^{-1}$. En fonction des indications, elle permet d'évaluer la tolérance mécanique du facteur de charge sur l'organisme et, d'apprécier son retentissement cardiovasculaire. Du fait de la manœuvrabilité des avions de chasse actuellement en service (Mirage 2000 et Rafale) et inspiré des profils de lancement appliqués lors de l'IAM correspondante, nous soumettons les PN expertisés à un facteur de charge exigeant (fig. 4).



Figure 3. La centrifugeuse humaine de l'Institut de recherche biomédicale des armées.

Installé à bord de la nacelle sur un siège incliné à 30° et munis d'un pantalon anti-G, le PN expertisé est équipé d'instruments et de chaînes de mesure. Un lien radio et une caméra vidéo maintiennent un contact physique entre le navigant et l'équipe technique. Des paramètres physiologiques apprécient le champ visuel du navigant, témoin de son niveau de perfusion cérébrale sous accélération, ainsi que la pression exercée sur les repose-pieds, reflet de la qualité de l'exécution de la composante musculaire des manœuvres anti-G. Un enregistrement électrocardiographie continu et une mesure de la pression artérielle complètent au minimum

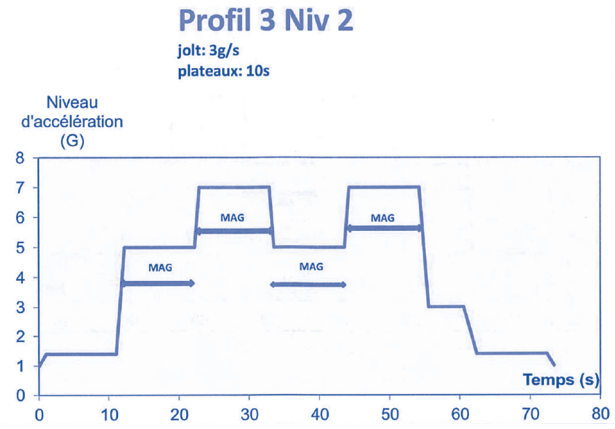


Figure 4. Exemple de profil de lancement en centrifugeuse humaine.

cet équipement. Tout autre « monitoring », de principe non invasif, dicté par le motif de l'expertise, pourra être installé en complément.

À l'appui des archives disponibles de l'ex-LAMAS, nous avons réalisé une étude rétrospective sur les PN ainsi expertisés de 1999 à 2015. Cinquante-trois expertises ont été conduites chez 51 PN soit une population de 33 pilotes de chasse, 2 NOSA combat, 13 élèves pilotes de chasse, 2 élèves NOSA et 1 pilote de transport (en admission pilote d'essai). Deux PN ont bénéficié de deux expertises en centrifugeuse, chacune d'elle pour un motif différent.

La répartition des motifs d'expertise est présentée sur la figure 5.

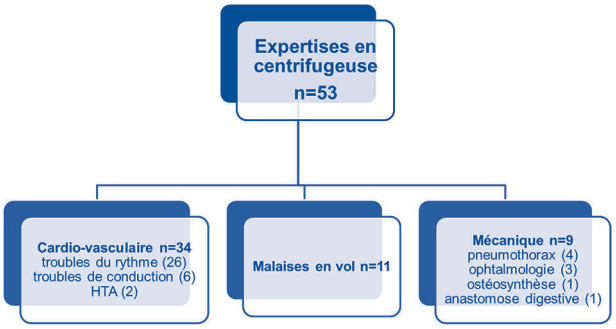


Figure 5. Répartition des motifs d'expertise des PN ayant bénéficié d'un test en centrifugeuse.

Les maladies cardio-vasculaires constituent la première indication avec un total de 34 navigants expertisés. Les troubles du rythme cardiaque sont majoritairement rencontrés avec 26 cas dont 16 cas d'hyperexcitabilité ventriculaire isolée, 7 cas d'hyperexcitabilité supra-ventriculaire et 2 cas d'hyperexcitabilité mixte. Cette épreuve s'inscrit chez le PN chasse à la fin d'un processus d'exploration cardio-vasculaire qui aura permis d'éliminer toute pathologie

cardiaque sous-jacente rédhibitoire à la restitution de l'aptitude. La disparition des extrasystoles ou tout au moins leur franche diminution sans phénomène répétitif est le critère requis qui conditionnera la reprise des vols opérationnels. Nous avons pour un unique cas évalué, avec réussite, la tolérance rythmique d'un pilote de chasse après une procédure d'ablation d'un foyer atrial ectopique après qu'il ait présenté plusieurs épisodes de fibrillation auriculaire paroxystique (article Hornez AP dans le même numéro).

Les anomalies de la conduction intracardiaque représentent six cas de significations pronostiques bien différentes. À l'heure actuelle, il n'est plus réalisé d'épreuve de contrainte pour les blocs de branche droit complet bénin de type Wilson, se déclarant en l'absence de pathologie cardiaque sous-jacente. Par contre, la bonne tolérance cardiovasculaire sous contrainte des blocs de branche gauche complets idiopathiques doit être établie et, compte tenu de leur potentiel évolutif, l'aptitude ne pourra se concevoir que par dérogation aux normes médicales sous réserve de la présence d'un second pilote qualifié à bord et d'une surveillance médicale stricte. Toute autre anomalie de la conduction dont le pronostic favorable aura pu être établi mais pour laquelle il existe une incertitude quant à la bonne tolérance sous accélération doit bénéficier d'une épreuve en centrifugeuse.

Cette épreuve a, par ailleurs, été exigée chez un pilote de chasse pour s'assurer de la pérennité du contrôle tensionnel sous facteur de charge d'une monothérapie anti-hypertensive d'action périphérique sur le système vasculaire.

L'évaluation de la tolérance mécanique au facteur de charge a été retrouvée dans neuf cas. Le pneumothorax spontané représente ici un motif incontournable. Au préalable, il aura été affirmé son caractère idiopathique avec un risque de récidive minimisé et rendu acceptable par la réalisation d'une pleurectomie partielle avec abrasion de la plèvre restante sous vidéo-thoracoscopie éventuellement associée à une résection de systèmes bulleux apicaux. Il s'agit de tester sous facteur de charge, après un délai postopératoire minimal de trois mois, l'efficacité et le caractère indolore de cette technique chirurgicale, la seule acceptée dans ce contexte. Pour autant, elle ne devra jamais être imposée au PN au seul motif de l'aptitude. Une réorientation vers l'aviation de transport sera envisagée le cas échéant (4). Notre étude a retrouvé 4 épreuves conduites en ce sens chez 3 PN, l'un des 3 ayant présenté une récidive controlatérale du pneumothorax nécessitant un nouveau passage en centrifugeuse. Il est relevé également quatre cas liés au risque de mobilisation délétère d'un corps étranger (matériel d'ostéosynthèse, corps étranger intra-rétinien, implant dans la chambre postérieure de l'œil, lentille rigide) et une évaluation de la tolérance d'une anastomose digestive.

Avec onze cas, la population des PN ayant présenté des malaises avec ou sans perte de connaissance représente ici une entité multiforme et complexe. Leur survenue en vol doit, en premier lieu, orienter la recherche étiologique vers une origine technique liée à l'aéronef lui-même, en premier lieu la défaillance d'un système de protection physiologique. La recherche d'une origine somatique est ensuite conduite. La mise en évidence d'un terrain vagal peut expliquer certaines limitations de tolérance cardiovasculaire au facteur de charge. Il est alors fréquent d'y retrouver associé une intrication psychologique qui s'inscrit souvent dans un contexte de démotivation du PN vis-à-vis de son environnement aéronautique. L'épreuve de contrainte en centrifugeuse permet alors d'en apprécier objectivement le niveau. Son indication est posée au cas par cas.

Tests en vol pour perte d'intégrité anatomique ou fonctionnelle

La perte de l'intégrité anatomique ou fonctionnelle de l'appareil locomoteur est une cause réglementaire d'inaptitude à tout emploi dans le personnel navigant (1). Elle peut faire suite à un accident domestique ou professionnel qui, dans le domaine militaire, peut résulter d'un fait de guerre. Elle pose la question des capacités physiques au pilotage au stade des séquelles après consolidation effective et, à l'instar des questions d'aptitude décrites plus haut, elle n'est envisageable qu'en cours de carrière.

Au niveau des membres supérieurs, il s'agira d'évaluer la tenue du manche, l'utilisation optimale des commutateurs radio, interrupteurs, ou commandes de tir pour certains aéronefs militaires. Au niveau des membres inférieurs, il s'agira d'agir efficacement sur les palonniers et les freins. Sur le plan militaire, cette réhabilitation ne peut évidemment se concevoir que sur des aspects uniquement ergonomiques sans possibilité d'aménagement du poste de conduite à la différence des aéronefs civils pouvant être équipés, par exemple, de malonniers. Elle ne peut s'adresser qu'à certaines déformations, raideurs, limitation de la force motrice ou discrets déficits sensitifs ainsi qu'à des amputations digitales partielles. Pour une question de performance opérationnelle, ces séquelles ne doivent pas s'associer à des douleurs neurogènes, à un quelconque inconfort lié aux modifications positionnelles ou au port de prothèse orthopédique.

Les tests en situation ont pour objectif de vérifier que le pilote est capable de piloter en toute sécurité durant les différentes phases du vol mais également de s'extraire rapidement de l'aéronef en cas de nécessité d'évacuation en urgence. Sur le plan pratique, ils associent un premier test en simulateur et un second en vol, tous deux réalisés sur le type d'appareil pour lequel le PN expertisé est qualifié et/ou susceptible de le devenir. Ils sont supervisés par un pilote moniteur référent qui évalue les facultés générales à piloter dans des scénarios devant nécessairement comprendre des mises en situation de panne ou de conditions dégradées. Si cette première phase est favorable, ce premier test au simulateur se poursuit en vol avec des contraintes croissantes inhérentes aux qualifications du pilote (tour de piste, vol tactique, vol aux instruments,…).

Le moniteur testeur transmet ensuite ses conclusions techniques au commandement gestionnaire. Elles seront prises en compte dans l'élaboration de l'avis formulé par la CMAD, en règle générale limité, dans les cas favorables, à l'activité sur l'aéronef sur lequel les tests ont été réalisés. Il ne peut y avoir de limitation à la présence d'un second pilote qualifié à bord compte tenu de la nécessité absolue à ce que le PN expertisée puisse accomplir seul toutes les tâches aéronautiques dévolues à sa fonction.

Notre expérience recense exclusivement quelques cas de séquelles de traumatismes de la main chez des pilotes hélicoptères ayant tous retrouvé, à l'issue de ce processus, une aptitude par dérogation aux normes médicales.

Conclusion

Les épreuves de contrainte en caisson et en centrifugeuse ainsi que les différents tests en vol répondent à une exigence en termes de condition médicale d'aptitude aéronautique, corollaire d'une sécurité aérienne optimale. Ces épreuves s'intègrent dans la démarche d'expertise en médecine aéronautique militaire, au-delà des examens médicaux courants, et permettent d'autoriser, dans les cas les plus favorables, la poursuite d'une activité aéronautique opérationnelle au bénéfice premier de l'institution militaire.

Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Instruction N° 800/DEF/DCSSA/AST/AME du 20 février 2008 relative à l'aptitude médicale aux emplois du personnel navigant des forces armées.
2. Instruction N° 2800/DEF/DCSSA/AST/AME du 9 novembre 2004 relative à l'organisation et au fonctionnement de la commission médicale de l'aéronautique de défense.
3. Marotte H. Physiologie aéronautique. Comportement de l'organisme humain dans l'environnement aéronautique et spatial. Lognes : Éditions SEES ; 2004.
4. Gygax-Genero M, Manen O, Chemsi M, Bisconte S, Dubourdieu D, Vacher A, et al. Spécificités de la prise en charge du pneumothorax spontané chez le personnel navigant. Rev Pneumol Clin. 2010 ; 66 : 302-7.
5. Whinnery JE. The electrocardiographic response to high + Gz centrifuge training. Aviat. Space Environ. Med. 1990 ; 61 : 716-21.
6. Forster EM, Whinnery JE. Reflex heart rate response to variable onset + Gz. Aviat. Space Environ. Med. 1980 ; 59 : 249-54.
7. Mills FJ, Marks V. Human endocrin responses to acceleration stress. Aviat. Space Environ. Med. 1982 ; 53 : 537-40.
8. McKenzie I. Gillingham KK. Incidence of cardiac dysrhytmias occurring during centrifuge training. Aviat. Space Environ. Med. 1993 ; 64 : 687-91.