

# **Sensibilisation pratique du personnel navigant à la désorientation spatiale dans les Armées françaises**

## **(Spatial Disorientation Awareness Instruction Given to Aircrews Serving in the French Armed Forces)**

**LCL Didier Gigaut, COL Damien Lejeune et CDT Patrick Derain**

Laboratoire d'études médico-physiologiques 16-330

Centre d'expériences aériennes militaires - BA 118

40998 Mont de marsan Armées, France

### **1 - INTRODUCTION**

Le Personnel Navigant (PN) des Forces armées est soumis à des contraintes physiologiques liées soit à l'environnement soit aux performances de l'avion. Ces contraintes et leur incidence sur la sécurité des vols sont telles qu'il est apparu nécessaire de donner aux PN un minimum de connaissance à leur sujet. Leur enseignement fait l'objet d'une circulaire ministérielle relative à l'instruction aéromédicale du PN, qui en définit les grandes lignes.

Cette instruction est réalisée sous forme d'enseignement théorique délivré au cours de la formation professionnelle en école, l'autre partie pratique est réalisée au Laboratoire d'Etudes Médico-physiologiques 16/330 (LEMP) lors du début de l'instruction en vol. Le LEMP est une unité du Centre d'expériences aériennes militaires, localisée à Mont de marsan au sud-ouest de Bordeaux et est également le Département de Médecine opérationnelle de l'Institut de Médecine aérospatiale du Service de santé des armées, dont les autres départements se trouvent à Brétigny sur Orge en région parisienne.

Les stages d'instruction aéromédicale initiale au LEMP, d'une durée de 2 jours, comprennent des exposés didactiques et des démonstrations pratiques. Le programme d'instruction proposé porte principalement sur la désorientation spatiale et l'hypoxie. Une journée complète est consacrée à la désorientation spatiale.

### **2 – INSTRUCTION THEORIQUE**

L'enseignement théorique porte sur les principes physiologiques du phénomène avec des exemples aéronautiques concrets et les conséquences sur la sécurité des vols que peuvent entraîner :

**- Les illusions visuelles :**

- erreurs de perception liées aux caractéristiques physiologiques du capteur visuel,
- erreurs d'interprétation liées à l'intégration centrale des simulations visuelles,
- facteurs d'environnement et dynamiques interférant avec la perception visuelle.

**- Les illusions sensorielles d'origine vestibulaire :**

- fonctionnement des otolithes et des canaux semi-circulaires,
- illusions dues aux stimulations de l'appareil vestibulaire et leurs mécanismes au cours de la pratique du pilotage.

**- Les illusions sensorielles de cause mixte et leurs mécanismes.**

### 3 – INSTRUCTION PRATIQUE

Les démonstrations pratiques sont réalisées grâce à 3 ateliers :

#### 3.1. Atelier d'illusions visuelles

L'atelier d'illusions visuelles comprend une batterie de tests visuels et un diaporama qui présentent :

- \* illusion de taille,
- \* illusion de perspective,
- \* illusion concernant la vision des couleurs,
- \* illusion concernant la vision du relief,
- \* illusion concernant le mouvement.

#### 3.2. Cabine inclinable

Elle permet la démonstration d'illusions d'inclinaison par rapport aux axes de roulis et de tangage par modification de l'action de la force de gravité sur les otolithes ou par interaction de références visuelles variables de l'environnement.

#### 3.3. Générateur d'illusions sensorielles

Le générateur d'illusions sensorielles (GIS) qui permet la démonstration du phénomène de désorientation spatiale par stimulation des canaux semi-circulaires et des otolithes de l'appareil vestibulaire selon un mode infraliminaire ou supra liminaire.

### 4 – DESCRIPTION DU GIS

Le LEMP est équipé du générateur d'illusions sensorielles depuis 1985 ; cet appareil, de conception originale a été réalisé par les Ateliers de Révision de l'Armée de l'air de Bordeaux Beauséjour et permet de reproduire, au niveau du sol, les erreurs de perception des mouvements et de positionnement telles qu'elles peuvent être rencontrées en situation aéronautique.

Le GIS peut être décomposé en deux parties : la régie fixe et la partie tournante.

La **régie** comprend :

- le pupitre de commande permettant le contrôle de la partie tournante,
- l'armoire de puissance permettant la mise en fonctionnement des motorisations de la partie tournante,
- et l'ensemble des moyens audiovisuels permettant l'enregistrement des séances d'instruction.

La **partie tournante** permet de mobiliser la nacelle dans laquelle se trouve le pilote en instruction.

- le bras principal d'une longueur de trois mètres est mis en rotation par le moteur principal et supporte à son extrémité le bras lacet,
- ce bras lacet supporte l'ensemble bras tangage et nacelle et permet une mobilisation dans l'axe de lacet de la cabine grâce à la motorisation lacet,
- le bras tangage forme un demi-cadre autour de la nacelle et lui autorise des mouvements en tangage grâce à la motorisation tangage et des mouvements en roulis grâce à la motorisation roulis.
- la nacelle est ainsi mobile selon 4 degrés de liberté.

Cette **nacelle** est constituée d'une cabine en matériau opaque équipée d'un siège Martin Baker type MK IV, d'une planche de bord comportant un horizon occultable, d'un manche de profondeur et de palonniers.

Ainsi, le sujet embarqué se retrouve dans une configuration de vol sans visibilité avec pour seules références ses informations sensorielles vestibulaires et proprioceptives et les données visuelles occultables de la planche de bord (horizon-boule) et du hublot de porte. Il pourra grâce au manche de profondeur avoir des actions sur les mouvements en roulis et tangage lorsque l'opérateur du pupitre l'y autorise.

La mise en rotation de l'ensemble mobile va permettre de générer des accélérations linéaires et angulaires ; ces accélérations pourront être infraliminaires et créant donc des forces d'inertie non détectées par les capteurs sensoriels ou supraliminaires et créant ainsi des forces d'inertie enregistrées par ces capteurs.

Le GIS est utilisé dans le cadre des stages d'instruction aéromédicale initiale organisés par le LEMP et dispensés au profit du Personnel Navigant de l'Armée de l'air. Une convention avec l'Aviation légère de l'Armée de terre (ALAT) prévoit des stages "illusions sensorielles" pour les pilotes en formation "vol aux instruments" à l'Ecole d'application de Dax.

En 1996, le GIS a bénéficié d'une rénovation dont le but était de diminuer les informations proprioceptives ressenties par le pilote embarqué, afin de stimuler principalement les capteurs vestibulaires. De plus cette rénovation a permis également d'intégrer des illusions visuelles et oculo-vestibulaires.

La rénovation mécanique a permis le remplacement des motorisations secondaires (roulis, tangage et lacet) par des ensembles à jeu réduit restituant une plus grande souplesse des déplacements. La nacelle en matériau composite a été complètement reconstruite avec une forme assurant une meilleure adéquation avec le cadre support, ce qui a permis une augmentation de l'amplitude des degrés de liberté permettant d'atteindre 50° en roulis et en tangage.

La rénovation informatique a vu l'installation d'un nouvel ensemble ordinateur et logiciel permettant:

- la programmation de profils,
- l'exécution de profils préenregistrés,
- l'enchaînement de différents profils,
- l'acquisition de profils lors du fonctionnement en mode manuel ou automatique,
- la restitution et l'analyse de ces profils,
- la commande en mode manuel grâce à l'ordinateur,
- la conservation du mode manuel depuis le pupitre.

Ainsi, le système peut fonctionner selon trois modes :

- un mode manuel grâce au pupitre,
- un mode manuel grâce au système informatique,
- un mode programmé grâce au système informatique.

## 5 – PROTOCOLE DE DEMONSTRATION

Les nouvelles possibilités de manœuvre du GIS ont permis de mettre en place un protocole de démonstration prévoyant deux phases successives : bras principal à l'arrêt puis bras principal en mouvement.

Le **bras principal étant à l'arrêt**, on met en évidence les illusions suivantes :

Tout d'abord l'illusion autocinétique : en fixant un point lumineux, la nacelle étant immobile toutes lumières éteintes.

Ensuite, on met en évidence les seuils de sensibilité lors des accélérations linéaires en tangage puis en roulis et le seuil de sensibilité lors des accélérations angulaires par une accélération infraliminaire en lacet.

Puis on crée une illusion somatogyrale par une mise en accélération supraliminaire en lacet, et on termine cette phase par l'illusion oculogyrale au cours d'une mise en lacet.

La seconde phase réalisée avec le **bras principal en mouvement** met en évidence les illusions suivantes :

- illusion somatogravique de piqué : la nacelle est horizontale, l'arrière regardant l'axe de rotation du bras principal, la mise en rotation de ce bras entraîne une sensation de piqué.
- illusion somatogravique de cabré : la nacelle reste horizontale, l'avant regardant l'axe de rotation du bras principal, la mise en rotation de celui-ci entraîne une sensation de cabré.
- illusion somatogravique d'inversion : dans la configuration de l'illusion somatogravique de cabré, on génère un cabré réel à 40° avec retour rapide à l'horizontale : le pilote perçoit une sensation de passage sur le dos ou de bascule en arrière.
- effet de Coriolis enfin, dans la configuration de l'illusion somatogravique de cabré, le pilote exécute un mouvement de bascule de la tête dans un plan perpendiculaire au plan de rotation du GIS déclenchant une sensation de roulis.

Les principales illusions d'origine vestibulaires rencontrées en aéronautique peuvent ainsi être passées en revue. Au terme de cette démonstration le stagiaire est amené à mettre totalement en doute ses propres sensations et à faire une confiance absolue à ses instruments de bord ; le phénomène de la dominance visuelle instrumentale est alors d'une extrême réalité.

## 6 – CONCLUSION

Une enquête d'opinion est réalisée à l'issue de l'instruction auprès des stagiaires. Dans celle-ci, afin d'évaluer l'intérêt du stage réalisé au LEMP, quatre questions sont posées.

- Le sujet des illusions sensorielles vous avait-il été présenté auparavant ?  
Une réponse positive a été faite pour 68% des stagiaires Air et 83% des stagiaires Terre.
- Le stage au LEMP vous a-t-il apporté une information complémentaire ?  
Une réponse positive a été faite dans 100% des cas.
- Après le stage, l'instruction sur les illusions sensorielles vous semble-t-elle suffisante ?  
Une réponse positive a été faite dans 96% des cas.
- Les conduites à tenir face aux situations dangereuses en vol vous ont-elles paru bien développées ?  
Une réponse positive a été faite pour 92% des stagiaires Air et pour 95% des stagiaires Terre.

Telles sont les modalités de présentation pratique du phénomène de désorientation spatiale en vol pour le personnel navigant des Forces armées françaises dont l'objectif est d'améliorer la Sécurité des vols.