Apport de la simulation dans la formation aux évacuations aéromédicales

L. Vitiello[a], S. Saboureau[b], J.-P. Freiermuth[c], F. Colleu[d], V. Belliard[e], L. Raynaud[f], S. Coste[g]

a Commandement des forces aériennes, BA 106, CS 70037 – 33693 Mérignac Cedex.
b Centre médical des armées de Villacoublay, BA 107 – 1 route de Gisy – 78129 Villacoublay Air.
c Centre médical des armées de Pau, Antenne médicale d'Uzein, BP 595 – 64010 Pau Cedex.
d Escadrille aérosanitaire, BA 107, 1 route de Gisy – 78129 Villacoublay Air.
e École du Val de Grâce, CESimMO, 1 place Alphonse Laveran – 75230 Paris Cedex 05.
f Département d'anesthésie réanimation, HIA Bégin, 69 avenue de Paris – 94163 Saint Mandé Cedex.
g Centre de formation de médecine aéronautique de l'EVDG, Site de l'îlot Percy, 101 avenue Henri Barbusse – 92140 Clamart.

Article reçu le 10 août 2016, accepté le 13 décembre 2016.

Résumé

La simulation est utilisée depuis longtemps dans le milieu aéronautique où elle est plébiscitée pour son caractère démonstratif, sécurisé et reproductif. Dans le milieu médical, son utilisation est plus récente mais progresse rapidement en particulier dans les services d'urgence, de soins intensifs et dans la prise en charge des blessés de guerre. Le monde des évacuations aéromédicales, entre aéronautique et soins d'urgence, a connu naturellement ces dernières années un essor de la simulation dans l'apprentissage des équipes médicales. Cet article présente la mise en place et l'importance de la simulation médicale dans la formation des équipes militaires françaises d'évacuation aéromédicale. Ces formations sont actuellement spécifiques d'un aéronef et comprennent pour la plupart des simulations au sol et au moins une fois en vol, afin d'appréhender les contraintes aéronautiques. La simulation peut apporter une réelle plus-value dans le cadre du travail en équipe et de la conduite à tenir face à des situations fréquentes ou potentiellement rares mais graves.

Mots-clés : Évacuation aéromédicale. Formation. Simulation.

Abstract

ADVANTAGES OF SIMULATION IN AEROMEDICAL EVACUATION TRAINING.

Simulation has been used for a long time in aeronautics. It is valuable for its demonstration purposes and because it is easy to reproduce and secure. In medicine, the use of simulation is more recent and in quick progress, in particular for emergencies, intensive care and military medicine. Aeromedevac, at the crossroads of aeronautics and emergency care, has recently increased its use of simulation in the training of aeromedical teams. This article presents the importance of medical simulation in the training of military aeromedical teams. Such training is specific to each type of aircraft and includes mainly simulation on the ground and at least one instruction flight to experiment the aeronautical constraints. Simulation may improve teamwork and the teams' reactions when faced with common or potentially rare but severe conditions.

Keywords: Aeromedical evacuation. Training. Simulation.

Introduction

Dans le domaine des situations d'urgence, une bonne connaissance de l'environnement (Situation *awareness*) et une réalisation fluide et réflexe des gestes dans l'action (*Drill*) sont fondamentales pour intervenir aisément au cours de situations stressantes et potentiellement rares (1). Afin d'acquérir ces compétences de situation *awareness* et de *drill*, la simulation s'avère indispensable en amont de la prise en charge réelle de patient(s).

La prise en charge des blessés de guerre repose sur un trépied associant une médicalisation de l'avant, une chirurgie de damage control sur le théâtre et des évacuations aéromédicales stratégiques précoces. Dans le domaine des évacuations aéromédicales, les blessés de guerre transportés par les équipes médicales militaires

L. VITIELLO, médecin en chef, praticien confirmé, S. SABOUREAU, médecin en chef, praticien confirmé. J.-P. FREIERMUTH, médecin en chef, praticien confirmé. F. COLLEU, médecin principal (TA), praticien confirmé. V. BELLIARD, infirmière cadre supérieur de santé. L. RAYNAUD, médecin en chef, praticien certifié. S. COSTE, médecin en chef praticien confirmé.
Correspondance : Monsieur le médecin en chef L. VITIELLO, Adjoint au conseiller santé du CFA. BA 106, CS 70037 – 33693 Mérignac Cedex.
Téléphone : 05 57 53 57 02
E-mail : laurent.vitiello@intradef.gouv.fr

sont de plus en plus graves (2, 3). À titre d'exemple, 6 % des patients évacués par avion (évacuations aéromédicales tactiques intra-théâtre) relevaient de soins intensifs en vol au cours de l'opération « Serval » (4). Concernant les évacuations aéromédicales stratégiques françaises, la fréquence des patients transportés intubés-ventilés (sous ventilation mécanique avec intubation endo-trachéale) est passée de 20 à 50 % entre 2000 et 2010 au plus fort du conflit afghan (5). L'évacuation aéromédicale doit assurer la continuité des soins et la prise en charge de ces patients graves doit demeurer en vol la plus proche possible de celle réalisée dans des structures pré-hospitalières ou hospitalières. Cette obligation de moyens inclut le matériel médical mais également le niveau d'entraînement et de compétence des équipes en charge des évacuations médicales par voie aérienne. La formation de ces équipes d'évacuation aéromédicale revêt donc une importance particulière.

La simulation en évacuation aéromédicale : historique et pratiques actuelles

La simulation en milieu aéronautique

L'importance de la situation *awareness* et du *drill* a rapidement été prise en considération dans le milieu aéronautique. La simulation a très vite été pratiquée dans le domaine du pilotage puis du contrôle aérien grâce à des « entraîneurs », afin de faire acquérir rapidement, sans risque et à moindre frais une expérience aux élèves, en particulier en exposant l'apprenant à des situations rares mais dangereuses et réalistes que seule une longue expérience dans le milieu réel aurait pu compenser (1, 6).

Un des premiers entraîneurs fut le « tonneau Antoinette » construit en France en 1910 et composé de deux tonneaux en équilibre permettant de ressentir les commandes (fig. 1). Un peu plus tard, Edwin Albert LINK mit au point le LINK TRAINER, très utilisé dans le cadre de l'apprentissage du vol aux instruments ou vol sans visibilité. Actionné par des vérins pneumatiques, il permettait des mouvements dans les trois axes, la cabine de pilotage étant entièrement fermée et reproduisant ainsi une situation proche du vol sans visibilité. Le moniteur pouvait suivre l'exercice grâce à un tableau de bord identique à celui du pilote et grâce à un trajet supposé de l'avion reconstitué (fig. 2). Au cours de la Seconde Guerre mondiale, des simulateurs de vol plus évolués furent utilisés, en particulier dans le cadre de l'apprentissage du vol aux instruments. Dans les années 50, apparurent les calculateurs analogiques puis numériques, simulant plus finement le comportement en vol de l'aéronef et permettant de s'approcher de l'environnement réel sur le plan visuel, tactile et sonore. Aujourd'hui, les simulateurs sont capables de reproduire fidèlement les cabines de pilotage (fig. 3), mais également la mécanique du vol, les systèmes avioniques et l'environnement extérieur.



Figure 1. Le tonneau Antoinette.



Figure 2. Le Link Trainer.



Figure 3. Simulateur NH90 © C.Lebertre DICoD.

Dans le domaine de la sécurité aérienne, le *Crew Ressource Management* (CRM) vise à optimiser les communications entre membres d'équipage, en situation normale comme en situation d'urgence, en mettant en évidence les impacts des problèmes de communication. Cet enseignement de CRM a très vite démontré une efficacité pour réduire la part des facteurs humains

dans les accidents aériens. L'apprentissage du CRM inclut des phases de simulation afin d'acquérir, entre autres, sept compétences non techniques, grâce à des cas d'études interactifs (7) : communication, conscience de la situation, prise de décision, travail en équipe, *leadership*, gestion du stress et gestion de la fatigue.

Par rapport aux conditions réelles, c'est-à-dire en vol, l'apprentissage par la simulation présente plusieurs avantages (6) :

– la sécurité sans mise en danger de l'apprenant ou du moniteur ;

– l'économie de moyens incluant la ré-utilisation des ressources de simulation, les frais de carburant n'existant pas et les frais d'usure étant réduits ;

– la disponibilité du simulateur qui peut fonctionner 24h sur 24 et qui n'est pas dépendant du transit aérien ou des facteurs météorologiques ;

– la visibilité de l'invisible au cours du débriefing, l'enregistrement vidéo permettant l'étude des communications (CRM) et un retour objectif sur la séquence ;

– le contrôle plus fin de l'exercice, la simulation permettant de se focaliser sur ce qui est pertinent pour l'apprenant tout en assurant un contrôle temporel de l'exercice.

Toutes ces caractéristiques font que la simulation permet d'amener progressivement l'apprenant à un niveau expert. Contrairement à un novice, l'expert va porter une attention sélective, orientée vers les informations pertinentes de la situation avec une vitesse d'exécution rapide et un niveau de charge cognitive faible lui permettant de traiter plus facilement une autre tâche si nécessaire (1).

Enfin, en exposant l'apprenant à une situation complexe (multi-tâches), la simulation permet l'expérimentation de la saturation cognitive ou des troubles de la division de l'attention, par exemple dans le cadre de la gestion d'une panne complexe tout en pilotant (8).

La simulation dans le milieu médical

Il existe aujourd'hui quatre formes de simulation médicale (6) :

– la simulation avec des acteurs médicaux grimés faisant office de patients standardisés ;

– la simulation contrôlée par ordinateur évoluant dans un monde virtuel mêlant jeu de rôle et simulation avec des patients virtuels ; le Service de santé des armées et la société Medusims ont ainsi développé un *serious game 3D-SC1*® pour le Sauvetage au combat de niveau 1 afin de faciliter la prise de décision et la réalisation des gestes adéquats de sauvetage au combat (9) ;

– la simulation sur mannequins corps entiers avec différents niveaux de fidélité (basse fidélité sans réponse aux actions de l'apprenant, moyenne fidélité avec paramètres physiologiques et haute-fidélité avec réponses du mannequin plus réalistes) ;

– les simulateurs de partie anatomique pour s'entraîner à des gestes particuliers tels que perfusion intra-osseuse ou réalisation d'une intubation difficile sous la forme d'ateliers réalisés par des petits groupes d'apprenants (10).

Dans le milieu médical, la formation par la simulation permet de toute évidence un enseignement plus pratique et plus didactique que les présentations théoriques même si ces deux approches sont complémentaires, un enseignement théorique parfaitement assimilé n'étant pas, à lui seul, une garantie de réussite en situation réelle (1, 10). Le fait de créer une expérience, même virtuelle, permet probablement de mieux retenir l'enseignement théorique, avant ou après celui-ci.

Ainsi, les avantages de la simulation en milieu médical sont les mêmes que pour le milieu aéronautique :

– la sécurité, puisqu'il n'y a pas de mise en danger d'un « vrai patient » lors de l'apprentissage du soignant ;

– l'économie des moyens, incluant la ré-utilisation des ressources de simulation ;

– la disponibilité, l'apprentissage n'étant pas dépendant des situations cliniques réelles rencontrées ;

– la visibilité de l'invisible, la simulation permettant de mieux préciser les données anatomiques pertinentes pour l'apprentissage ;

– le contrôle plus fin de l'exercice qui est orienté vers ce qui est pertinent pour l'apprenant tout en assurant le contrôle temporel de cet exercice et l'amélioration du drill (6).

De même, tout comme dans le milieu aéronautique, la simulation permet de faire acquérir rapidement et à moindre frais une expérience à l'apprenant en l'exposant à des situations rares mais dangereuses et réalistes que seule une longue expérience dans le milieu réel aurait pu compenser (6, 11, 12).

Pour être efficace et crédible, le formateur ou le facilitateur doit avoir une bonne expérience technique, doit être formé en pédagogie médicale et doit être rompu à la manipulation des mannequins.

Le risque de saturation cognitive ou de division de l'attention peut également être mis en évidence lors des simulations médicales. Cette saturation cognitive survient le plus souvent non pas par défaut de connaissance, par défaut technique ou par défaut de procédure mise en œuvre par l'apprenant mais par un travail d'équipe défaillant avec défaut de communication et/ou absence de contrôle croisé au sein de l'équipe (aspects relevant du CRM). Malgré la similarité entre aviation et soins intensifs en situation critique, la saturation cognitive n'est néanmoins probablement pas encore prise en compte au bon niveau dans le domaine médical (2).

La simulation adaptée aux évacuations aéromédicales

Le travail en équipe est également primordial en médecine, dans son volet technique et non technique (CRM) (13, 14). L'*Air Medical Resource Management* a ainsi été développé comme un CRM pour les équipes médicales d'évacuations aéromédicales avec apport des mêmes compétences non techniques : connaissance de la situation, capacité de décision, communication, travail en équipe, leadership, gestion du stress et gestion de la fatigue (7, 15).

Le risque de saturation cognitive est particulièrement redoutable dans le cadre des évacuations aéromédicales, en particulier lors de la prise en charge de patients graves et/ou multiples, en raison de l'isolement de l'équipe médicale à bord du vecteur, des facteurs de stress aéronautiques et de la haute technicité des équipements embarqués.

Une étude réalisée sur les événements indésirables au cours d'évacuations aéromédicales sur hélicoptère en environnement de combat a retrouvé que 30 % des patients présentaient une détérioration en vol. Un dysfonctionnement des équipements était également noté dans 17 % des vols (16).

Une seconde étude portant sur les évacuations aéromédicales en milieu civil mais toujours sur hélicoptère, a relevé qu'un événement médical critique (de type hypotension, hypoxie, extubation accidentelle ou arrêt cardiaque) survenait en moyenne toutes les 12 h 30 de vol (11).

Une étude française rétrospective portant sur les évacuations aéromédicales stratégiques sur Falcon entre la France et l'Afrique entre 2001 et 2012 mettait quant à elle en évidence un taux d'événements indésirables de 22,4 % majoritairement liés à un dysfonctionnement matériel réversible (17).

Lors de l'Entraînement en simulation à la gestion d'événement critique des équipes américaines de CCATT (*Critical Care Air Transport Team*), dans un environnement reproduisant une soute de KC-135 au sol, une saturation cognitive était notée dans la moitié des cas (2).

De nombreuses simulations adaptées aux évacuations aéromédicales utilisent des plateformes au sol, reproduisant un environnement synthétique, proche de l'environnement réel en vol.

La *Case Western Reserve University in Cleveland* (OHIO) a ainsi mis en place un programme particulièrement intéressant pour la formation des *flight nurses* grâce à une cabine d'hélicoptère Sikorsky 76 montée sur une plateforme mobile (16). Le simulateur de vol est actionné grâce à des vérins hydrauliques permettant de mobiliser la cabine sur deux axes avec une amplitude maximale de onze degrés et de produire des vibrations. L'intérieur de la cabine a été aménagé complètement avec des sièges, des ceintures de sécurité, des équipements radios et un équipement médical complet. Un système de contrôle du son et de la lumière permet de reproduire le bruit et les médiocres conditions lumineuses d'un vol avec un grand réalisme. Les hublots latéraux ont été équipés d'un système de production d'images permettant de projeter des vues réelles au cours des scénarii comme l'atterrissage, le décollage et toutes les autres phases du vol.

À Hanovre, en Allemagne, une unité de secours héliporté de la police s'est dotée d'un simulateur du même type avec une maquette de BK117 sur une plateforme mobile sur deux axes. Cette maquette est intégrée au sein du centre de simulation « *center arena* » qui regroupe des lieux de simulation d'accidents domestiques ou d'accidents de la circulation (18).

Expérience française militaire de la simulation dans le domaine des évacuations aéromédicales

Formation d'adaptation à l'emploi aux missions d'évacuations aéromédicales stratégiques collectives (Concept MoRPHEE (Modules de réanimation pour patients à haute élongation d'évacuation) (fig. 4, 5)

Grâce à des modules médicaux pour blessés graves (*Intensive Care Module* ou ICM) et pour blessés plus légers (*Light Care Module* ou LCM) installés à bord d'un Boeing C135 des Forces aériennes stratégiques (FAS), le concept MoRPHEE permet le transport de 6 blessés graves (en version 6 ICM) ou de 4 blessés graves et 8 blessés plus légers (en version 4 ICM et 4 LCM) sur plus de 8 000 km et durant plus de 8h de vol. Reproduisant un environnement proche d'un service de réanimation, le concept MoRPHEE est armé par 12 personnels santé à bord : 2 médecins anesthésiste-réanimateurs, 2 médecins compétents en médecine aéronautique, 3 infirmiers anesthésistes, 2 infirmiers



Figure 4. Simulation médicale sur Module ICM, formation MoRPHEE. © A. Courtillat armée de l'Air.



Figure 5. Simulation médicale sur Module LCM, formation MoRPHEE. © A. Courtillat armée de l'Air.

convoyeurs, 2 infirmiers de soins généraux et 1 autre professionnel de santé suivant le type de mission ou de pathologies rencontrées (19).

Organisée deux fois par an, la formation permet de qualifier ou de requalifier les équipes d'alerte MoRPHEE aux spécificités de cette mission, relativement peu fréquente et nécessitant donc un Entraînement de haut niveau. Cet Entraînement porte principalement sur la connaissance des modules, de l'environnement aéronautique et sur le travail en équipe (CRM). Pour cette formation, le Commandement des FAS met à disposition, pendant une semaine, un Boeing C135 en configuration MoRPHEE et permet la réalisation de deux vols d'instruction. Après une première journée de formation théorique, l'installation de la version médicale de l'aéronef, divers exercices et simulations sous forme d'ateliers sont organisés le deuxième jour au sol le matin, puis en vol l'après-midi (plastrons et mannequins haute-fidélité). Au préalable, une plateforme d'enseignement numérique a permis aux équipes d'effectuer un rappel avant le premier jour de la formation. Les scenarii médicaux correspondent à des situations fréquentes ou plus rares mais redoutables sur le plan aéronautique, par exemple extubation accidentelle, pneumothorax compressif ou détresse respiratoire.

Outre le travail en simulation dans un environnement réel en vol, cette formation permet d'entraîner les nombreux acteurs de cette mission qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble :

– le personnel de l'armée de l'Air à travers la 31e Escadre aérienne de ravitaillement et de transport stratégique d'Istres et les infirmiers convoyeurs de l'Escadrille aéro-sanitaire basés à Villacoublay ;

– le personnel soignant du Service de santé des armées, dont les médecins compétents en médecine aéronautique et les infirmiers en soins généraux relevant de la DRSSA de Toulon et les médecins anesthésiste-réanimateurs et les IADE des HIA ;

– le personnel de l'Établissement de ravitaillement sanitaire des armées (ERSA) de Marseille qui stocke et entretient le lot médical MoRPHEE réel et d'exercice.

Le Centre de formation de médecine aéronautique (CFMA) de l'École du Val-de-Grâce (EVDG) organise cette formation et le conseiller santé du CFA/CFAS en assure la coordination avec l'armée de l'Air. Le Département de la préparation milieux et opérationnelle (DPMO) fournit sa compétence en simulation au travers du Centre d'entraînement par simulation en médecine opérationnelle (CESimMO).

Depuis deux ans, l'apport de ces séances de simulation est une plus-value dans le cadre de cette formation d'après les évaluations réalisées en fin de stage, la simulation permettant d'immerger les apprenants dans des scenarii médicaux réalistes, tant sur l'ICM que sur le LCM du système MoRPHEE, en situation réelle de vol au sein d'un environnement aéronautique. Le personnel soignant, à travers ces séances, redéfinit alors son champ de compétences et d'actions, au sein d'une équipe pluridisciplinaire, en s'appropriant une nouvelle méthode de prise en charge adaptée à un nouvel environnement aéronautique et à ses contraintes spécifiques.

Formation d'adaptation à l'emploi aux missions d'évacuations aéromédicales sur avion tactique (Concept « Casa Nurse ») (fig. 6)

Cette formation entre dans le cadre de la préparation opérationnelle avant projection. Adaptée au milieu aéronautique, elle est destinée au personnel en charge des évacuations aéromédicales tactiques (intra-théâtre) en opération extérieure. D'une durée de quatre jours, elle est organisée tous les quatre mois avant la projection en mission des équipes concernées constituées d'un médecin, d'un infirmier en soins généraux et d'un infirmier convoyeur de l'air.



Figure 6. Simulation médicale, formation « Casa Nurse ». © D. Chaise CFA/Cs santé.

Le premier jour de formation porte sur la présentation de la mission, de l'aéronef et du matériel embarqué. Des ateliers sont organisés au sol le second et troisième jour, pour la mise en œuvre du matériel constituant le lot d'évacuation aéromédicale tactique et pour la réalisation des premiers exercices de simulation. Le quatrième et dernier jour, un vol d'instruction permet des simulations en vol reproduisant des situations graves et/ou rares sur le plan médico-aéronautique grâce à des plastrons et des mannequins haute-fidélité.

Ces exercices au sol comme en vol ont pour but de confronter les apprenants à des situations complexes, spécifiques au milieu aéronautique et ayant été vécues réellement par des équipes en mission : prise en charge de multiples blessés avec réalisation d'un plan de chargement ou embarquement d'un blessé grave nécessitant des soins de réanimation (20-22). Des équipes médicales ayant été récemment déployées en mission extérieure sur *Casa nurse* participent d'ailleurs à la formation au titre du RetEx (Retour d'Expérience). L'apprentissage du travail en équipe est également fondamental, tout comme les communications avec l'équipage de conduite dans le cadre de la gestion d'un événement critique médical.

Formation d'adaptation à l'emploi aux missions d'évacuations aéromédicales stratégiques individuelles (Flotte Falcon)

La création d'une formation spécifique dédiée aux évacuations aéromédicales stratégiques réalisées sur Falcon est récente. Seul l'ancien stage « EVASAN » permettait aux stagiaires d'avoir l'opportunité de voler en tant qu'observateur lors d'une mission réelle. Depuis la mise en service sous autorisation d'emploi temporaire du module médical Lifeport® sur Falcon 2000 en juin 2015, la nécessité d'une formation spécifique est devenue évidente.

Sous l'égide de l'EVDG, une formation au sol est organisée tous les six mois par l'escadrille aérosanitaire et l'escadron de transport 60 au profit du personnel participant aux astreintes pour les évacuations aéromédicales stratégiques individuelles (médecins compétents en médecine aéronautique, médecins anesthésiste-réanimateurs des HIA parisiens, infirmiers convoyeurs de l'armée de l'Air et infirmiers de soins généraux du CMA de Villacoublay). Pendant une demi-journée, trois ateliers sont réalisés par les apprenants afin de se familiariser avec l'environnement et d'anticiper les problématiques qu'ils pourraient rencontrer lors d'une mission :

– l'atelier « lot médical » permet à l'apprenant de prendre connaissance de la composition du lot (appareils électriques et consommables) ;

– l'atelier « Kit Lifeport® » alimenté en électricité, permet aux stagiaires de manipuler les appareils électriques et l'oxygène et de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble.

– l'atelier « PLS » (Patient Loader System), permet enfin de mettre en place ce dispositif spécifique de chargement du patient sur l'aéronef et de transférer un mannequin basse-fidélité simulant le patient à bord du Falcon. Cette dernière étape, très spécifique des aéronefs Falcon, est très importante pour la bonne réussite de la mission car potentiellement critique.

En outre, les infirmiers convoyeurs de l'armée de l'air effectuent obligatoirement des vols d'instruction en doublure au cours de leur formation avant d'être qualifiés sur l'aéronef.

Formation d'adaptation à l'emploi aux missions d'évacuations aéromédicales de l'avant (Hélicoptères) (fig. 7)

Ce stage de formation s'inscrit dans le cadre de la préparation opérationnelle des équipes médicales déployées en opération extérieure sur Hélicoptère de manœuvre (HM) pour effectuer des évacuations aéromédicales tactiques (poste MEDEVAC HM). L'équipe médicale est constituée d'un médecin et d'un infirmier. Piloté par le DPMO et encadré par des praticiens expérimentés en évacuations aéromédicales sur hélicoptère et des formateurs du CESimMO, ce stage d'une durée d'une semaine inclut une formation théorique sur la médicalisation de l'avant, des travaux pratiques sur les gestes d'urgence, des cours spécifiques sur les évacuations médicales par voie aérienne sur HM (sécurité en vol, présentation des missions, contraintes particulières) et des exercices de simulation en vol. Les vols sont réalisés de jour et de nuit, en ambiance tactique, et combinent selon les scénarii des acteurs, notamment pour les situations à blessés multiples, et des mannequins basse-fidélité.



Figure 7. Simulation médicale, stage MEDICHOS sur PUMA. © 3e RHC.

Après une présentation des vecteurs et des éléments de sécurité aux abords de la machine et en vol, les équipes appréhendent les problématiques d'embarquement et de débarquement des patients en situation tactique. Puis, des vols de difficulté croissante permettent d'aborder les spécificités du conditionnement et de la surveillance des blessés de guerre dans un hélicoptère : blessé en choc hémorragique, blessé intubé, situation avec blessés multiples. Un formateur fait évoluer la situation clinique pendant le vol, les réactions de l'équipe étant par la suite analysées grâce à la vidéo après le vol.

Cette formation permet aux équipes médicales d'appréhender l'environnement très particulier du vol médicalisé dans un hélicoptère de manœuvre, depuis les problèmes de naupathie lié au vol tactique jusqu'aux difficultés de répartition spatiale entre les soignants dans la soute, en passant par la gestion des communications avec le commandant de bord et celle de la mission sur le plan tactique (23).

Chaque vol permet aux équipes médicales en formation de progresser dans leur gestion du cas clinique, les formateurs percevant indéniablement une amélioration de la prise en charge du blessé au fur et à mesure de la formation. Complémentaire du stage de mise en condition du blessé de guerre (Stage de Sauvetage au Combat de niveau 3 – SC3) cette formation permet de projeter des équipes qui seront opérationnelles dès leur arrivée sur le théâtre d'opération extérieure.

Formation d'adaptation à l'emploi aux missions d'évacuations aéromédicales sur hélicoptère BELL pour le Liban (fig. 8)

Dans le cadre de l'opération « Daman » au sud Liban, la France fournit les équipes médicales de l'*Aeromedical*



Figure 8. Simulation médicale, stage AMET sur PUMA. © C. Poyat CMA Villacoublay.

Evacuation Team (AMET) à bord des hélicoptères Agusta BELL AB 212 Italiens. L'AMET est composée de deux équipes médicales (un médecin, un infirmier et un auxiliaire sanitaire) dont la mission est d'assurer les évacuations sanitaires au profit des personnels de l'*United Nation Interim Force In Lebanon* (UNIFIL).

Dans le cadre de la préparation opérationnelle avant projection de ces équipes, une formation est organisée tous les trois mois sur la BA 107 de Villacoublay au sein du Groupement interarmées d'hélicoptère (GIH) à bord d'un hélicoptère PUMA se rapprochant le plus possible de l'hélicoptère Agusta BELL.

Organisé par le DPMO et encadré par des praticiens du CMA de Villacoublay et des formateurs du CeSimMO, la formation dure deux jours. La première demi-journée de formation est théorique (présentation de cette mission particulière au sein de l'ONU, rappel des contraintes aéronautiques et notions de sécurité/sauvetage). Les trois autres demi-journées sont pratiques avec des exercices d'intensité et de difficultés croissantes. Les mises en situation au sol ou en vol, suivant la disponibilité des machines, sont élaborées à partir des cas rencontrés lors des missions précédentes et sont effectuées de jour puis de nuit. La fin de la formation est marquée par un exercice avec prise en charge de nombreuses victimes (plastrons et mannequins basse-fidélité). Les communications sont effectuées en anglais afin de préparer ces équipes au contexte international dans lesquelles elles évolueront.

La pédagogie repose sur la simulation qui permet aux apprenants d'être confrontés à des situations réalistes. Le débriefing est essentiel, il permet aux apprenants d'exprimer leur vécu de la situation et d'améliorer leur pratique grâce à un échange constructif avec les formateurs. Les différents aspects du CRM sont également explorés en particulier la communication au sein de l'équipe médicale et avec l'équipage.

Discussion

Au sein des Armées françaises, les formations aux évacuations aéromédicales ont été développées par type de mission et par type de vecteur : évacuation aéromédicale stratégique individuelle ou collective, tactique sur avion ou de l'avant sur hélicoptère. D'une durée maximale de cinq jours, ces formations adoptent un format proche avec dans un premier temps une formation théorique (généralités sur les évacuations aéromédicales, spécificités du vecteur et présentation du matériel embarqué) puis une formation pratique au sol avec exercices de simulation en soute et au moins un vol d'instruction, dans la mesure du possible, en fin de formation utilisant également de la simulation. Le personnel en formation initiale bénéficie en priorité de ces vols d'instruction.

L'utilisation de plateformes de simulation au sol (simulation en environnement synthétique) présente plusieurs avantages :

– un des buts de la simulation est l'économie de moyens et le coût des heures de vol plaide en faveur de la simulation en environnement synthétique, tout autant que le coût opérationnel lié à l'utilisation du vecteur lors de vols d'instruction dédiés aux évacuations aéromédicales ;

– en termes de sécurité aérienne, la simulation au sol permet de bien maîtriser l'environnement et donc de réaliser certaines procédures en toute sécurité ;

– sur le plan pédagogique enfin, la simulation en environnement synthétique permet facilement d'enregistrer la simulation et de permettre une rediffusion au profit d'autres apprenants (12).

Néanmoins, si la simulation au sol présente tous ces avantages, elle ne peut certainement pas remplacer complètement l'expérience du vol qui permet de sensibiliser les équipes aéromédicales à l'évolution en ambiance aéronautique dans un aéronef en vol, les interactions avec l'équipage de conduite et les considérations de sécurité (problématiques liées à l'oxygène et à l'électricité…) (6, 24). Même des plateformes de simulation reproduisant fidèlement un aéronef donné ne peuvent simuler parfaitement l'environnement aéronautique.

Par ailleurs, la simulation lors d'un vol réel permet d'expérimenter les facteurs de stress aéronautiques qui affectent le patient et l'équipage, dont l'équipe médicale : accélérations, hypobarie, hypoxie, fatigue, bruit, vibrations, déshydratation, stress thermique et mal de l'air (25-27) auxquels on peut ajouter la faible luminosité, le jet lag, les perturbations du cycle circadien, l'évolution dans un espace restreint

et l'isolement (28). Certaines de ces contraintes, en particulier l'hypobarie, l'hypoxie, les vibrations et le mal de l'air, sont très difficilement reproductibles sur une plateforme au sol, y compris sur des plateformes performantes pouvant reproduire l'odeur du kérosène, une partie des vibrations du vol ou les changements de luminosité liés au vol. La pratique de simulations au sol dans un aéronef moteur tournant visant à mieux simuler l'environnement aéronautique tout en faisant des économies de carburant ne nous paraît pas une solution pertinente (29), certaines phases comme le décollage, la traversée de turbulences ou l'atterrissage demeurant spécifiques du vol. Les difficultés liées aux vibrations que l'on peut ressentir en mission lors de la réalisation de gestes fins ne sont également parfaitement « reproductibles » qu'en vol (29). Si, lors de la formation continue et du maintien des compétences, la simulation sur plateforme au sol a probablement toute sa place, l'expérience du vol nous paraît donc incontournable en formation initiale et répond ainsi aux STANAG (30).

Au sein des armées françaises, le choix a donc été fait de privilégier les vols d'instruction avec simulations en vol lorsque cela était possible, après une phase de simulation au sol, en soute, sous la forme d'ateliers ou d'exercices, en général avant le vol d'instruction, le but étant d'avoir, au moins une fois, l'expérience d'un vol réel lors de la formation. En effet, la population médicale formée est variée et si les médecins en charge du personnel navigant ou les infirmiers convoyeurs sont habitués au vol, les personnels hospitaliers découvrent souvent ce domaine.

L'utilisation en vol de mannequins haute-fidélité ne pose par ailleurs aucun soucis de fonctionnement tant sur le plan des vibrations, de l'autonomie électrique que des rayonnements électromagnétiques (absence d'interférence avec les instruments de vol).

Conclusion

À l'image de la formation du personnel navigant, les programmes de formation des équipes d'évacuation aéromédicale doivent trouver un équilibre entre formation au sol, éventuellement sur plateforme reproduisant l'environnement aéronautique, et en vol lors de vols d'instruction. Ces programmes doivent être adaptés au vecteur et au type de mission (évacuation aéromédicale stratégique, tactique ou de l'avant, collective ou individuelle). Ils doivent s'attacher à :

– présenter les spécificités des évacuations aéromédicales et du vecteur considéré ;

– entraîner les équipes à réaliser dans un milieu complexe (l'environnement aéronautique) des gestes techniques bien maîtrisés au sol, en environnement hospitalier ou pré-hospitalier ;

– donner les connaissances de base dans le domaine du CRM.

L'apport réel de la simulation réalisée pendant la formation nécessitera d'être documenté par des études complémentaires grâce à différents critères (travail en équipe, efficacité face à des situations graves en vol ou réduction des événements indésirables en vol lors d'évacuations aéromédicales réelles en opération, sur avion et hélicoptère).

Cette démarche devrait s'étendre à d'autres domaines de formation en médecine aéronautique opérationnelle, tels que la *Search And Rescue* (SAR), l'hélitreuillage ou le soutien médical de missions aériennes à très grande hauteur.

Remerciements : les auteurs remercient vivement le médecin en chef Christian Bay, chef du département de la préparation milieux et opérationnelle de l'École du Val-de-Grâce, le médecin en chef Gaël Turban, conseiller santé du Commandement des forces aériennes et du Commandement des forces aériennes stratégiques et l'infirmier en soins généraux du 2e Grade Emmanuel Regnier, du bureau du conseiller santé du Commandement des forces aériennes, pour leur aide dans la rédaction de cet article.

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Kellman PJ. Adaptive and Perceptual Learning Technologies in Medical Education and Training. Mil Med 2013 ; 178 (10) :98.
2. Davis B, et al. Effective Teamwork and Communication Mitigate Task Saturation in Simulated Critical Care Air Transport Team Missions. Mil Med 2014 ; 179 (8) :19.
3. Holland SR, Apodaca, Mabry RL. MEDEVAC : survival and physiological parameters improved with higher level of flight medic training. Mil Med 2013 ; 178 (5) :529-36.
4. Chaufer M, Vitiello L, Mabit H, Raynaud L et Turban G. Tactical aeromedevac on Casa CN235 : the french experience. 4th Pan European Congress on Military Medicine. 23-26th may 2016, École du Val-de-Grâce. Paris.
5. Coste S, et al. Epidémiologie des évacuations sanitaires aériennes militaires de 2000 à 2010 : évolution des missions. Rev Med Aéro Spat 2011 ; 52 :130-6.
6. Fletcher JD, Wind AP. Cost Considerations in Using Simulations for Medical Training. Mil Med 2013 ;178(10) :37.
7. Mains R. Air Medical Resource Management : Our Last Line of Defense. Air Med J 2015 ;34 :2.
8. Helmreich RL. On error management : lessons from aviation. BMJ 2000 ; 320 :781-5.
9. Pasquier P, Petit L, Queran X, Journeaux L, Rabatel E, Merat S. 3D-SC1 a serious game for sauvetage au combat training. STO-MP-HFM-239.

10. Weatherred J, Brown S, Logan J. A Different View : Changing the Way We Learn. Air Med J Associates ; March-April 2013.
11. Abrahamsen HB, Sollid SJM, Öhlund LS, Røislien J, Bondevik GT. Simulation-based training and assessment of non-technical skills in the Norwegian Helicopter Emergency Medical Services : a cross-sectional survey. EMJ Online First, published on October 24, 2014.
12. Swickard S and Manacci CF. Synthetic Natural Environments : An Exemplar of Advanced Simulation. Air Med J 2012 ;31 :4.
13. Alfes CM, Steiner S, Rutherford-Hemming T. Challenges and resources for new critical transport crewmembers : a descriptive exploratory study. Air Med J 2016 Jul-Aug.
14. Myersi JA, Powell DMC, Psirides A, Hathaway K, Aldington S, Haney F. Non-technical skills evaluation in the critical care air ambulance environment : introduction of an adapted rating instrument- an observational study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2016 ;24 :24.
15. Singh JM, MacDonald RD, Bronskill SE and Schull MJ. Incidence and predictors of critical events during urgent air-medical transport. CMAJ 2009 ; 181:579-84.
16. Lehmann R, et al. Interhospital patient transport by rotary wing aircraft in a combat environment : risks, adverse events, and process improvement. J Trauma 2009 ; 66 : S31-4 ; discussion S34-6.
17. Vitalis V. Évacuations médicales aériennes stratégiques militaires depuis l'Afrique vers la Métropole de 2001 à 2012. Formation, place et rôle du médecin généraliste au sein de ces évacuations. Thèse soutenue le 10 septembre 2014 à l'École du Val-de-Grâce. Paris.
18. Petri M, et al. Simulator training : reducing risk in helicopter rescue. Air Med J 2012 ;31(3):117-23.
19. Grasser L, De Rudnicki S, Tourtier JP et Auroy Y. MoRPHEE : un système d'évacuation sanitaire aérienne stratégique collective. Rev Med Aéro Spat 2014;55 :5-10.
20. Chaufer M, Prunet P, Bombert C. Plan MASCAL au cours de l'opération « Serval » au Mali : l'expérience d'un médecin aéronautique à bord d'un CASA médicalisé. Médecine aéronautique et spatiale, 2014:55 :115-23
21. Chaufer M, Bombert C, Prunet B. Missions d'évacuation en CASA médicalisé au cours du premier mois de l'opération « Serval » au Mali. Médecine et Armées, 2015: 43:330-9.
22. Bareau L, et al. Le Casa nurse : un nouveau vecteur pour les évacuations aériennes tactiques. Bilan après 8 mois de conflit armé au Mali (Opération Serval). Rev Med Aéro Spat 2011 ;52 :144-9.
23. Freiermuth JP. Évacuations sanitaires aériennes tactiques militaires par hélicoptère. Rev Med Aéro Spat 2011;52 :137-43.
24. Alfes CM, Steiner SL and Manacci CF. Critical Care Transport Training : New Strides in Simulating the Austere Environment. Air Med J 2015;34 (4):186-7.
25. Brewer TL and Ryan-Wenger NA. Critical Care Air Transport Team (CCATT) Nurses'Deployed Experience. Mil Med 2009 ;174(5) :508.
26. Topley D, Schmelz J, Henkensius-Kirshbaum J, Horvath K. Critical care nursing expertise during air transportation. Mil Med 2003 ;168 : 822-6.
27. Blumen IJ and Rinnert KJ. Altitude physiology and the stresses of flight. Air Med J 1995;14(2):87-100.
28. Franck L, et al. Transport aérien d'un blessé grave. Rev Med Aéro Spat 2011;52 :150-6.
29. Wright SW, et al. High fidelity medical simulation in the difficult environment of a helicopter : feasibility, self-efficacy and cost. BMC Med Educ 2006 ;6:49.
30. AAMedP-1.1 « flight familiarization », ch6, 6.1, q.

MARINE
NATIONALE