Transport aérien stratégique d'un patient critique

C. Poyat[a], L. Raynaud[a], M. Franchin[b], M. Boutonnet[c]

a Service d'anesthésie, Hôpital d'instruction des armées Bégin, 69 avenue de Paris – 94160 Saint-Mandé.
b Centre médical des armées de Villacoublay, Base aérienne 107 – 78140 Villacoublay Air.
c Service de réanimation, Hôpital d'instruction des armées Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.

Résumé

L'évacuation médicale stratégique par voie aérienne (MEDEVAC stratégique) ou *Strategic aeromedical evacuation* (STRAT-AE) est au cœur du dispositif d'évacuation des théâtres d'opération extérieure. Les patients en état critique, c'est-à-dire avec mise en jeu du pronostic vital, sont évacués individuellement ou par deux, en Falcon 900 ou 2000 LX. Si l'évacuation simultanée de plusieurs patients critiques s'impose, une MEDEVAC stratégique collective peut être déclenchée en C135FR en mettant en œuvre le Module de Réanimation pour Haute Élongation d'évacuation (MoRPHEE). Les défis de ces missions de transport sont de s'adapter à la fois aux contraintes aéronautiques environnementales et à celles liées au vecteur et de prévenir leurs conséquences sur un patient en état critique. Les principales modifications environnementales sont liées à l'altitude, avec pour conséquences l'hypoxie, les dysbarismes et les variations d'ambiance thermo-hygrométrique. Les contraintes aéronautiques liées au vecteur sont les accélérations dans l'axe, principalement au décollage et à l'atterrissage, les vibrations, le bruit et l'exiguïté. La mise en œuvre d'une MEDEVAC stratégique repose essentiellement sur l'anticipation des conséquences potentielles pour les patients critiques de ces différentes contraintes.

Mots-clés : Aéromédicale. Critique. Évacuation. Stratégique.

Abstract

STRATEGIC AEROMEDICAL EVACUATION OF PATIENTS IN CRITICAL CONDITION.

Strategic Aeromedical Evacuation (STRAT-AE) is at the core of outdoor theater evacuations for patients in critical condition, that is to say life-threatening, who are evacuated individually or bi-individually on Falcons 900 or 2000 LX. If it is necessary to evacuate several critical patients, a collective STRAT-AE can be launched on C135FR MoRPHEE (Resuscitation Module for High Evacuation Elongation). The challenge of these transport missions is to adapt to the environmental aeronautical constraints, to those related to the vector, and to prevent their consequences on critical care patients. The main environmental changes are related to altitude, with consequences for hypoxia, dysbarisms and thermo-hygrometric environment variations. Aeronautical constraints related to the vector are accelerations directed toward body axis, mainly at takeoff and landing, vibrations, noise and space exiguity. The implementation of a STRAT-AE will be mainly based on anticipating the potential consequences for critical patients of these different constraints.

Keywords: Aeromedical. Critical.Evacuation. Strategic.

Introduction

La doctrine de prise en charge des blessés de guerre de l'Armée française repose sur trois principes que sont la médicalisation à l'avant, la réanimation et la chirurgicalisation à l'avant et la MEDEVAC stratégique systématique et précoce. La médicalisation à l'avant consiste à délivrer des soins médicaux au plus près du combattant (1). La mise en œuvre cette doctrine nécessite une organisation selon une continuité fonctionnelle et thérapeutique nommée « chaîne médicale ». Cette chaîne est par nature unique, complète et interarmées.

La MEDEVAC stratégique est le point d'orgue du dispositif d'évacuation du théâtre (2-4). Elle peut être précédée d'une évacuation médicale tactique intra-théâtre, terrestre ou aérienne (TACTICAL-AE), parfois d'une évacuation primaire au plus près des combats (FORWARD-AE).

Le choix du vecteur pour réaliser cette MEDEVAC stratégique dépend du nombre de blessés à évacuer vers

C. POYAT, médecin principal. L. RAYNAUD, médecin en chef. M. FRANCHIN, médecin en chef. M. BOUTONNET, médecin en chef.
Correspondance : Madame le médecin principal C. POYAT, Service d'anesthésie, Hôpital d'instruction des armées Bégin, 69 avenue de Paris – 94160 Saint Mandé.
E-mail : cpoyat@me.com

la métropole, de la localisation du théâtre et de la gravité du ou des blessé(s) à transporter.

Les patients en état critique, c'est-à-dire avec mise en jeu du pronostic vital, sont évacués individuellement ou par deux, en Falcon 900 ou 2000 LX. En cas de nécessité d'évacuer plusieurs patients critiques, une MEDEVAC stratégique collective peut être déclenchée en C135FR, en mettant en œuvre le Module de réanimation pour haute élongation d'évacuation (MoRPHEE) (5).

Les défis de ces missions de transport sont de s'adapter aux contraintes aéronautiques environnementales, à celles liées au vecteur et de prévenir leurs conséquences pour un patient en état critique.

Définition du patient critique

La définition du patient grave dans le cadre des MEDEVAC stratégiques s'appuie sur une classification en deux niveaux de dépendance définie dans l'accord de normalisation de l'OTAN (STANAG 3204 – annexe 1). Ce critère « dépendance » définit le niveau de stabilité et de soins nécessaires au cours du transport. Le premier niveau de dépendance concerne les patients sous assistance ventilatoire relevant de soins de réanimation. Le deuxième niveau concerne les patients relevant de soins continus dont l'état est susceptible de se dégrader pendant le vol.

Épidémiologie

Le pourcentage de patients graves évacués en priorité 1 (P1), correspondant à un délai de décollage du vecteur d'évacuation de moins de 3 heures en France (12h pour l'OTAN), par MEDEVAC stratégique en 2017 était de 2,8 %. Ce chiffre est en baisse par rapport aux années précédentes (3,6 % en 2016, 3,5 % en 2015, 5,1 % en 2014) (fig. 1).

De manière constante, les évacuations pour motif traumatique représentent 50 % de la totalité des MEDEVAC stratégiques toutes gravités confondues, contre 30 % pour motif médical et 20 % pour motif psychiatrique.

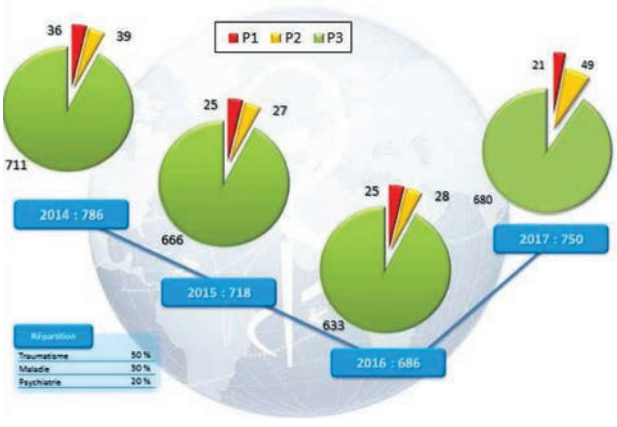


Figure 1. Répartition des MEDEVAC stratégiques par ordre de priorité d'évacuation entre 2014 et 2017. (© EMO Santé).

Les contraintes aéronautiques environnementales

Les principales modifications environnementales sont liées à l'altitude. Les conséquences de l'altitude sont l'hypoxie, les dysbarismes et les variations d'ambiance thermo hygrométrique (6).

L'hypoxie

Physiologie

La prise d'altitude a pour corollaire la diminution de la pression barométrique ou hypobarie selon une courbe décroissante approximativement exponentielle (fig. 2). La composition de l'atmosphère reste stable jusqu'à une altitude d'environ 30 000 mètres (98 500 pieds), avec une fraction d'oxygène constante proche de 21 %.

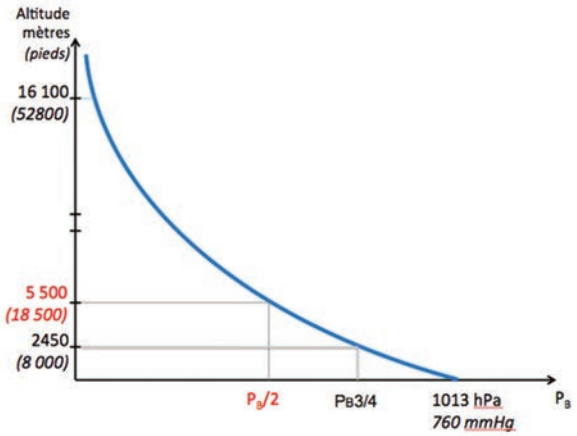


Figure 2. Courbe pression-altitude : évolution de la pression barométrique (P_B) en fonction de l'altitude (9).

La loi de Dalton ou loi des pressions partielles stipule que la pression au sein d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles des gaz qui le composent :

$$P = \Sigma P_i$$

– P : pression totale ;
– P_i : pression partielle du gaz c'est-à-dire la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul tout le volume, à la même température que le mélange.

La pression partielle inspirée d'un gaz est égale au produit de la fraction inspirée de ce gaz par la pression ambiante :

$$Pi = Fi \times P$$

– Pi : pression partielle inspirée ;
– Fi : fraction inspirée ou pourcentage du gaz présent dans le mélange gazeux ;
– P : pression ambiante.

Par conséquent, la pression partielle de l'oxygène inspiré (P_iO_2) est le produit de la fraction en O_2 de l'air ambiant (F_iO_2 = 21 %) par la pression de l'air ambiant.

La pression barométrique diminuant avec l'altitude, la P_iO_2 diminue également, entraînant une hypoxie hypobarique (6, 7).

Conséquences sur le patient critique

Les conséquences sont essentiellement respiratoires. En effet, l'hypoxie d'altitude est un facteur de décompensation important, responsable d'une hyperventilation et d'une désaturation en oxygène, d'autant plus importantes que la saturation artérielle en O_2 est faible au sol.

Sur le plan physiopathologique, la délivrance en O_2 aux tissus dépend de deux facteurs :

– le transport en O_2 (TaO_2) qui dépend du débit cardiaque (Qc) et du contenu artériel en O_2(CaO_2) :

$$TaO_2 = Qc \times CaO_2$$

$$CaO_2 = (1.34 \times Hb) \times SaO_2$$

(quantité dissoute d'O_2 négligeable)

SaO_2 : saturation artérielle du sang

– l'extraction tissulaire en O_2 qui dépend de la surface d'échange capillaire au niveau des tissus, régulée par les sphincters précapillaires, et de la courbe de dissociation de l'hémoglobine. Cette dernière est déplacée vers la droite en condition d'acidose ou d'hyperthermie, permettant le relargage de l'O_2 aux tissus.

La relation entre la saturation artérielle du sang en oxygène (SaO_2) et la pression partielle en oxygène inspiré (P_iO_2) est décrite par la courbe de dissociation de l'hémoglobine appelée également courbe de Barcroft (fig. 3). Ainsi, à une altitude de 2 500 mètres (8 000 pieds), altitude maximale réglementaire à laquelle la cabine des avions de ligne doit être pressurisée, la P_iO_2 est diminuée d'environ 25 %. À cette altitude, les passagers sans problème de santé préexistant auront une SaO_2 autour de 92-94 % sans conséquence clinique. La SaO_2 peut chuter rapidement en dessous de ces valeurs chez un patient dont la saturation au sol est déjà abaissée, décompensant une hypoxie préexistante (BPCO, pneumopathie, contusion pulmonaire…).

L'apport en oxygène doit ainsi avoir des indications larges lors de MEDEVAC stratégique.

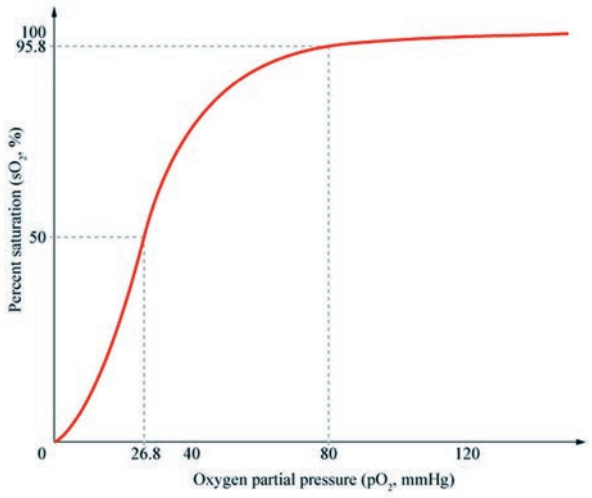


Figure 3. Courbe de dissociation de l'hémoglobine.

Les dysbarismes

Physiologie

La loi de Boyle-Mariotte stipule qu'à température constante, le volume des gaz varie inversement à leur pression, leur produit étant constant (PV = constante).

Les volumes gazeux augmentent par conséquent lors de la prise d'altitude et diminuent lors de la descente. Cette expansion est de 35 % à 2 500 mètres (8 000 pieds) et peut être très rapide en fonction des contraintes de vol et de l'aéronef utilisé. Les variations de volumes des gaz contenus dans les cavités closes ou semi-closes de l'organisme sont susceptibles de générer des complications.

En effet, des lésions de distension ou des déchirures peuvent apparaître lorsque les capacités élastiques des viscères qui contiennent les variations de volumes sont dépassées. Ces lésions appelées barotraumatismes concernent essentiellement la sphère ORL, le tube digestif, le thorax ou toute effraction d'air dans une cavité close (traumatisme oculaire, pneumencéphalie).

Les contre-indications médicales au transport par voie aérienne restent cependant rares, les cabines des avions de ligne ou des jets pouvant être pressurisées à *altitude zéro* (P = 1 atm) (8).

Conséquences sur le patient critique

Alors que l'hypoxie peut être détectée par un saturomètre de pouls et corrigée par l'apport d'oxygène, les conséquences d'une expansion gazeuse dans une cavité close sont difficiles à reconnaître et surtout à prendre en charge à bord. Il convient d'être particulièrement vigilant en cas de traumatisme crânien ou thoracique.

Les dysbarismes liés aux variations d'altitude peuvent avoir des conséquences néfastes sur le plan respiratoire, soit avec la majoration du volume d'un pneumothorax préexistant sans manifestation clinique au sol, soit par atélectasies des bases secondaires à une distension abdominale après gastroplégie ou iléus digestif post-opératoire. L'efficacité et la perméabilité d'un drainage thoracique doivent être systématiquement vérifiées avant de décider de transporter le patient. De même, la pose de sonde gastrique chez un patient inconscient est systématique avec mise en aspiration douce.

Un risque de majoration de pneumencéphalie existe chez le patient cérébrolésé (embarrure, plaie craniocérébrale, craniectomie de sauvetage). La prise en compte de ce risque peut nécessiter un vol à basse altitude dite « altitude zéro ».

L'augmentation de la consommation de kérosène lors des vols à basse altitude entraîne une modification des plans de vol avec parfois l'ajout d'une escale. Le rapport bénéfice/risque d'une nouvelle escale devra être évalué en prenant en compte les contraintes accélérométriques présentées dans la suite de cet article et le risque neurologique lié à la majoration d'une pneumencéphalie. Cette majoration est estimée à 20 % pour une cabine pressurisée à une altitude de 1 500 mètres (5 000 pieds) (9).

Conséquences sur le matériel embarqué

La prise d'altitude entraîne une augmentation des volumes de gaz délivrés par des respirateurs volumétriques, majorant le risque de volotraumatismes en vol. Cette augmentation dépend du modèle de ventilateur utilisé. Malgré la présence d'un capteur altimétrique interne permettant l'adaptation automatique des volumes délivrés, elle est de l'ordre de 10 % à 2 500 mètres d'altitude (5 000 pieds) avec les respirateurs à turbine LTV-1000® utilisés en MEDEVAC stratégique (10).

En l'absence de capteur interne, le volume délivré est directement proportionnel à l'altitude. C'est le cas avec le respirateur de secours potentiellement utilisé en MEDEVAC stratégique, le MEDUMAT® standard.

Les dysbarismes entraînent en outre des variations des débits de perfusion et donc potentiellement un remplissage vasculaire inadapté. Les perfusions en vol sont par conséquent systématiquement délivrées via une pompe à perfusion volumétrique assurant un débit continu.

Ces variations de volumes des gaz concernent également le matériel embarqué tel que les ballonnets de sondes d'intubation. Elles peuvent entraîner une perte de rigidité des matelas à dépression ou au contraire une majoration de la rigidité des attelles gonflables. La pression du ballonnet de la sonde d'intubation est monitorée en continu par un manomètre (MALLINCKRODT) corrigeant automatiquement les dysbarismes durant le vol afin d'éviter les fuites ou surpressions.

L'ambiance thermo-hygrométrique

Physiologie

La température de l'atmosphère diminue progressivement avec l'altitude. Elle est d'environ -56 °C à 10 000 mètres, altitude moyenne des vols de croisière. À cette température, l'air est saturé en eau pour de très faibles valeurs d'hygrométrie. L'air servant à la pressurisation étant prélevé à l'extérieur et réchauffé pour diminuer sa teneur en vapeur d'eau, l'hygrométrie en cabine est très faible, de l'ordre de 4 % à 10 %. Elle est source d'inconfort, d'assèchement ou d'irritation des muqueuses, de bouchons intrabronchiques ainsi que de lésions cornéennes. En revanche, elle n'a pas d'influence majeure sur l'état d'hydratation.

La température en cabine et les échanges thermiques sont également influencés par le type d'aéronef, le lieu du vol, les conditions de vol et le positionnement du patient dans l'avion.

Conséquences sur le patient critique

Lors de l'administration d'oxygène, l'emploi d'humidificateur est d'autant plus indispensable que l'oxygène des bouteilles aéronautiques est sec et délivré dans une ambiance de faible hygrométrie. Chez le patient intubé ventilé, le risque de bouchon muqueux doit être connu. Il est maîtrisé par l'utilisation de filtres humidificateurs-réchauffeurs sur le circuit inspiratoire et éventuellement par l'instillation régulière de sérum physiologique dans la sonde d'intubation.

Bien entendu, un contrôle de la température du patient doit être réalisé pour éviter et le cas échéant corriger une hypothermie.

Les contraintes aéronautiques liées au vecteur

Les accélérations

Physiologie

Dans les conditions normales de vol, les accélérations dans l'axe liées au décollage sont faibles et linéaires. Elles sont de l'ordre de 0,5G pour les vols commerciaux et de 1,3G pour les jets de type Falcon. Le positionnement du patient doit tenir compte de ce facteur d'accélération.

Conséquences sur le patient critique

Le retentissement hémodynamique chez un patient couché dans l'axe de ces accélérations linéaires est à prendre en compte chez le patient critique, principalement pendant les phases de décollage et d'atterrissage, avec un retentissement prédominant au décollage.

Le décollage tête vers l'avant est notamment délétère chez un patient hypovolémique. Il entraîne une diminution du retour veineux et une baisse du débit cardiaque qui engendre un risque d'arrêt cardiaque par désamorçage (9, 11). À l'inverse, une augmentation brutale de la précharge cardiaque est à prévoir chez ce même blessé lors du freinage à l'atterrissage.

Le patient présentant une hypertension intracrânienne doit au contraire être installé tête vers l'avant de l'aéronef.

Chez le patient cérébrolésé, le transport aérien peut être pourvoyeur d'agressions cérébrales :

– soit primitives (majoration d'une hypertension intracrânienne en rapport avec les accélérations, décubitus dorsal strict, les transferts, ventilation inadéquate ou augmentation du volume des bulles de pneumencéphalie, crises convulsives) ;

– soit secondaires d'origine systémiques (ACSOS) avec en première ligne l'hypoxie dans ce contexte (12).

Les vibrations

Physiologie

Les vibrations sont la conséquence du fonctionnement des turbines et des turbulences en vol. De faibles fréquences en avion, elles entraînent une légère augmentation du métabolisme, du débit cardiaque et de la ventilation.

Conséquences sur le patient critique

Les vibrations peuvent amplifier les effets d'autres stress chez un patient fragilisé (13). Elles ont peu de retentissements cliniques mais peuvent contribuer à augmenter le risque de cinétose. Elles sont en outre à l'origine d'une usure prématurée du matériel médical embarqué, majorant le risque de chutes et de dégradations.

Le bruit

Des études de simulation de soins en milieu aéronautique ont révélé que le bruit ambiant dans un aéronef est un facteur altérant la qualité des soins (14). Il gêne par exemple l'auscultation. L'utilisation de stéthoscopes électroniques permet de pallier cette difficulté (15).

Il rend également peu audibles les alarmes sonores des appareils de monitorage qui doivent donc être idéalement doublées par des signaux visuels. Le bruit est un facteur supplémentaire contribuant à la fatigue des équipages et des équipes soignantes, en gênant notamment la communication.

L'exiguïté

Les MEDEVAC stratégiques individuelles françaises concernant les patients en état critique se font en Falcon 900 ou 2000 LX (fig. 4, 5). Ces vecteurs permettent le transport d'un ou deux patients graves allongés (fig. 6, 7). L'installation terminée, les accès à la tête, aux voies d'abord vasculaires ou aux dispositifs médicaux sont moins aisés et la réalisation de gestes techniques entravée.



Figure 4. Falcon 900. © L. Raynaud.



Figure 5. Falcon 2000 LX. © Escadrille aéro-sanitaire.

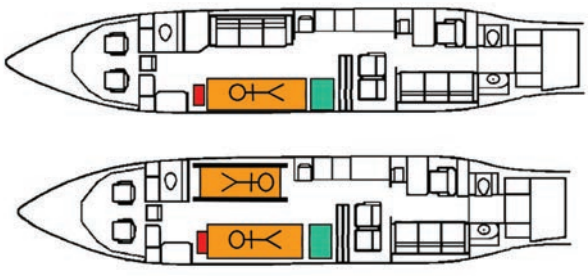


Figure 6. Disposition dans un Falcon 900 : 1 patient couché (haut), 2 patients couchés (bas).

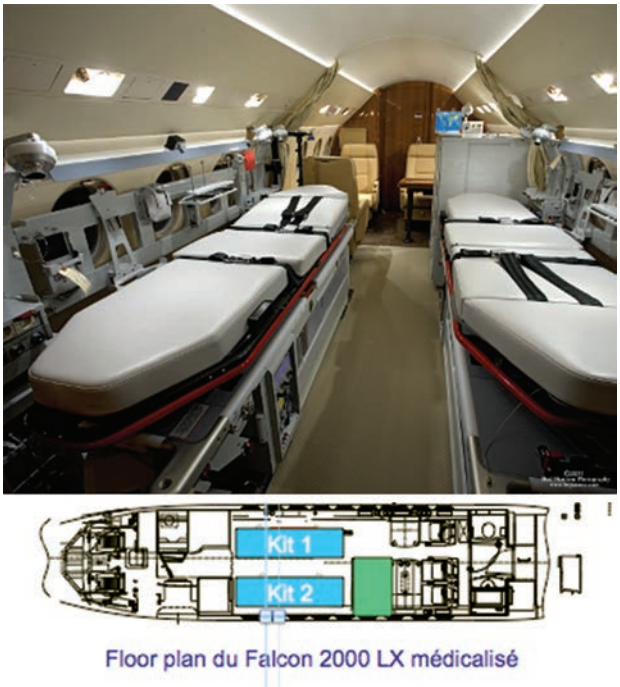


Figure 7. Kit Falcon 2000 LX : 2 blessés couchés. © Escadrille aéro-sanitaire.

Le système de transport utilisé, communément appelé PTU (*Patient transport unit*), est un module LIFEPORT® (fig. 8). Le patient est installé sur un matelas articulé anti-escarre. Les arches du module permettent de fixer le matériel médical. Les bouteilles d'oxygène (capacité d'emport 9 000 litres) sont placées sous le meuble brancard. Un meuble dit « de servitude » et deux sacs de soins permettent de ranger les produits de santé et le matériel nécessaires.

Le transfert du patient du sol vers l'aéronef est une étape qui requiert des précautions particulières. Il se fait par la porte avant de l'aéronef, très étroite.

Autrefois réalisé « à la force des bras », il consistait à mettre en œuvre la technique de la « tortue ». Le matelas à dépression était posé sur le dos d'une personne qui accompagnait progressivement, en se relevant, l'ascension du patient vers la porte du Falcon (fig. 9).

Les Falcon sont désormais équipés d'un système d'élévation automatique appelé *patient loading system* (PLS) (fig. 10).



Figure 8. ***Patient Transport Unit*** **(PTU) :** ***Module LIFEPORT*****. © escadrille aéro-sanitaire.**



Figure 9. Transfert d'un patient à la force des bras. © C. Poyat.



Figure 10. PLS : ***Patient Loading System*****. © L. Raynaud.**

Les MEDEVAC stratégiques collectives de patients critiques se font en C135FR avec le lot standardisé MoRPHEE, conçu pour évacuer jusqu'à 12 blessés avec un maximum de 6 patients intubés ventilés (dépendance 1) (fig. 11, 12).



Figure 11. ***Intensive Care Module*****. © L. Grasser.**



Figure 12. C135FR. © L. Raynaud.

Deux types de modules existent :

– l'*Intensive care module* (ICM) permettant la prise en charge d'un patient critique ;

– le *Light care module* (LCM) permettant la prise en charge de deux patients plus légers.

En cas de MEDEVAC stratégique collective de 6 blessés maximum dont la gravité ne dépasse pas le niveau 2 de dépendance, il est possible d'utiliser l'A310 DC dans sa version 139 sièges (fig. 13). Les six civières seront alors installées à l'avant de l'aéronef pour disposer de l'alimentation électrique.

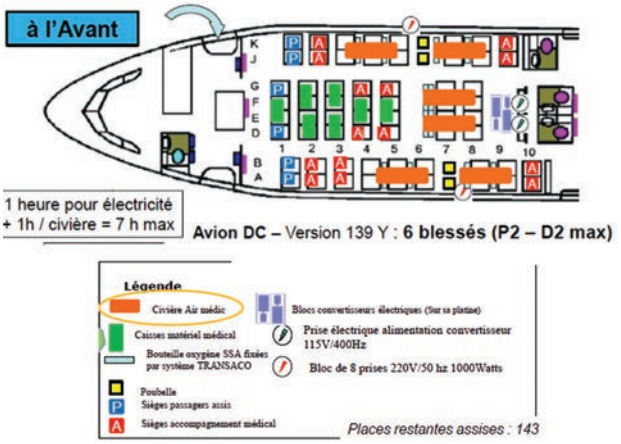


Figure 13. ***Dispositif d'évacuation collective sur A310 DC.***

L'A340 n'est pas adapté pour réaliser l'évacuation stratégique de blessés graves, les moyens d'alimentation électrique étant insuffisants.

Exécution d'une MEDEVAC stratégique

Lors de l'évacuation d'un patient critique, la responsabilité de l'équipe de convoyage est engagée. Elle doit évaluer la faisabilité du transport et préparer sa mission afin d'éviter toutes les conséquences délétères pour le patient. Lors de la MEDEVAC du patient, l'objectif majeur est de maintenir les standards de qualité et de sécurité des soins.

Qui transporter ?

Les contre-indications absolues au transport aérien sont rares en dehors des hémorragies actives ou des états de choc persistants (8, 16). Les contre-indications sont la plupart du temps relatives, notamment si le plateau technique en amont est insuffisant. Dans ce cas précis, les risques inhérents à l'évacuation doivent être évalués par rapport aux risques de survenue de complications sur place (17).

Quand transporter ?

Dans le cas particulier du blessé de guerre, la MEDEVAC stratégique est la dernière étape du soutien médical des opérations après la médicalisation à l'avant et la réanimation et la chirurgicalisation à l'avant.

La médicalisation à l'avant intègre notamment le sauvetage au combat et initie le *damage control ressuscitation* (réanimation hémodynamique, transfusionnelle et lutte contre la coagulopathie) (18).

La réanimation et la chirurgicalisation à l'avant sont les modalités d'intervention médicale spécialisée au plus tôt et au plus près du lieu de la blessure. Elles consistent à mettre en œuvre des techniques chirurgicales spécifiques, notamment la chirurgie de sauvetage ou *damage control surgery* (hémostase chirurgicale)

Il sera néanmoins possible de différer de quelques heures la MEDEVAC stratégique pour permettre une reprise chirurgicale précoce ou une stabilisation hémodynamique avant transport.

La gravité du blessé à évacuer va conditionner le caractère prioritaire de la mission. Le STANAG 3204 établit une priorité 1 pour les patients critiques (annexe 1).

Annexe I. Catégorisation OTAN de patients pour MEDEVAC stratégique : STANAG 3204 (23).

Ce système est utilisé pour aider le personnel responsable de la coordination des mouvements de malades et de blessés afin d'estimer ***l'urgence****, le* ***soutien médical nécessaire*** *et le* ***besoin d'espace****, sans se référer à des informations cliniques détaillées non facilement disponibles.*

A. PRIORITÉ (degré d'urgence)

P1 = Urgent : malades et blessés pour lesquels une évacuation rapide (décollage < 12 Hr) est nécessaire pour sauver leur vie, garder des membres, empêcher des complications graves ou éviter une infirmité permanente sérieuse.

P2 = Prioritaire : malades et blessés qui ont besoin d'un traitement spécial qui ne peut être donné sur place et qui auraient à supporter des douleurs ou infirmités sans raison, à moins qu'ils ne soient évacués dans les meilleurs délais (décollage < 24 Hr).

P3 = Routine : malades ou blessés qui peuvent recevoir sur place les soins nécessaires mais dont l'évolution serait nettement améliorée s'ils pouvaient être évacués lors d'un vol de routine (> 24 Hr).

B. DÉPENDANCE (besoins en soutien médical)

D1 = Élevée : patients qui ont besoin d'un soutien médical intensif en vol (patient ventilé, contrôle de la pression veineuse centrale, surveillance cardiaque, inconscient ou sous anesthésie totale).

D2 = Moyenne : patients qui, bien qu'ils n'aient pas besoin d'un soutien médical intensif, ont besoin d'une surveillance régulière et fréquente et dont l'état peut s'aggraver en vol (patient combinant oxygénothérapie, une ou plusieurs perfusions et drains ou cathéters multiples).

D3 = Basse : patients dont l'état ne devrait pas s'aggraver en vol, mais qui nécessitent des soins infirmiers (oxygénothérapie simple, perfusion ou cathéter urinaire).

D4 = Minimale : patients qui ne nécessitent pas de soins infirmiers en vol, mais qui peuvent avoir besoin d'aide pour leur mobilité ou certaines fonctions corporelles (ex.: bras plâtré: assistance pour se (dés)habiller et pour les repas).

Outre la gravité du blessé à évacuer, le délai dépend également des contraintes opérationnelles et de la disponibilité des vecteurs. Pour une MEDEVAC stratégique individuelle de priorité 1, la France a la capacité de faire décoller en 3 heures une équipe de convoyage en Falcon après accord du cabinet du ministre des armées. La capacité de décollage d'une MEDEVAC stratégique collective de blessés graves sur MoRPHEE est de 24 heures.

Comment transporter ?

Le maître-mot d'une MEDEVAC stratégique est l'anticipation.

Anticiper consiste notamment à prévoir les complications liées aux contraintes aéronautiques précédemment détaillées, mais aussi les complications à redouter chez le blessé en fonction du mécanisme lésionnel, de la prise en charge chirurgicale et de l'état clinique transmis par le médecin sur place.

Discussion

Dans le cadre de la *Patient movement request* (PMR) rédigée pour demander l'évacuation du blessé, sont indiqués le degré d'urgence ou priorité et le soutien médical requis (dépendance), en fonction de la nature des soins à apporter au patient.

L'état clinique du patient est naturellement susceptible d'évoluer entre la rédaction de la PMR et l'arrivée de l'équipe de convoyage sur place. Les transmissions de vive voix, dites « *doc to doc* », sont communément réalisées et recommandées, afin de pouvoir compléter si nécessaire le lot médical emporté pour la mission.

La préparation du lot médical revêt un caractère crucial pour la prise en charge du patient critique lors de son transport. Ce lot médical de transport standardisé peut naturellement être adapté en fonction de la PMR (produits sanguins labiles, médicaments, matériel et consommables adaptés à la pathologie en quantités suffisantes). Il répond aux critères de sécurité aéronautique électrique, de robustesse et de standard moderne de prise en charge du patient grave.

Une collaboration étroite avec le Centre de transfusion sanguine des armées (CTSA) permet faire acheminer les produits sanguins labiles par un transporteur dédié, sur demande du médecin convoyeur ou du médecin anesthésiste-réanimateur, jusqu'à la base aérienne 107 de Villacoublay.

Le calcul des besoins en oxygène est également une étape-clé. Il faut surestimer le total de 50 % pour parer à d'éventuelles pannes, retards de vol ou déroutements.

Les Falcon disposant d'une alimentation électrique en 110 volts, l'emploi d'un transformateur est nécessaire pour permettre l'alimentation en 220 volts des dispositifs médicaux. Les appareils électriques devront être chargés lors du vol aller afin de garantir leur autonomie pour le transfert du patient. Celui-ci n'est pas forcément amené immédiatement sur le tarmac en raison de contraintes propres à chaque théâtre (conditions climatiques, proximité de l'antenne chirurgicale, nécessité de stabiliser le patient au *Role 2* avant décollage…)

Le matériel critique est doublé : respirateurs, moniteurs multiparamétriques, oxymètres de pouls, capnographes, aspirateurs de mucosités. Les respirateurs disponibles sont de technologies différentes, l'un fonctionnant par énergie électrique, l'autre par la pression des bouteilles d'O_2.

La mise en condition avant transport doit être anticipée. En effet, la réalisation d'un geste technique en vol est délicate voire impossible, du fait des contraintes ergonomiques.

L'aggravation respiratoire ou neurologique étant possible durant le transport, les indications d'intubation orotrachéale sont larges. L'accès difficile à la tête une fois le patient installé dans l'avion complique la réalisation de ce geste invasif.

Le drainage des épanchements gazeux est nécessaire par la pose d'un drain pleural voire d'une valve de Heimlich en cas de pneumothorax.

Le nombre de voies veineuses doit être suffisant, avec une voie périphérique « de secours » même si le patient a déjà une voie centrale. Elles doivent être solidement fixées avant embarquement.

Les foyers de fractures sont réduits et immobilisés ou au mieux exofixés. Les pansements doivent être propres avant embarquement.

Si le transport concerne plusieurs patients, le blessé le plus grave embarque en dernier et sera débarqué en premier, les interventions thérapeutiques étant plus simples à l'extérieur de l'aéronef (19).

L'installation du patient critique à bord conditionne la qualité du transport. Elle dépend de l'orientation du patient dans la cabine, de l'accessibilité et de l'identification des voies veineuses et de la visibilité des drainages et poches de recueil (fig. 14). Idéalement, la surveillance du patient, des perfusions, du respirateur et du scope doit être possible d'un seul coup d'œil. La difficulté d'entendre les alarmes en vol nécessite de disposer de rappels visuels.



Figure 14. Transport de deux patients graves : disposition des redons, systèmes VAC de thérapie à pression négative, drains thoraciques, sonde à demeure. © L. Raynaud.

Sur le plan hémodynamique, le lot de transport dispose d'un appareil d'échographie portable permettant un monitorage du débit cardiaque afin d'optimiser l'utilisation des catécholamines et le remplissage vasculaire.

Sur le plan neurologique, le dépistage d'une hypertension intracrânienne repose sur la surveillance de la PIC si un capteur a été posé, le doppler transcrânien et la surveillance pupillaire horaire (20). La surveillance de la sédation repose sur un score de sédation type Ramsay (21). Le monitorage de la profondeur de la sédation par BIS (BISpectral index) semble être peu perturbé en vol et pourrait être une piste d'amélioration dans la prise en charge de ces patients mis sous sédation (22).

Sur le plan biologique, un appareil de biologie délocalisée permet de mesurer le taux hémoglobine, de réaliser une gazométrie et différents examens (lactates, ionogramme sanguin, calcémie ionisée).

Conclusion

Le transport aérien d'un patient critique est un défi que doit relever l'équipe de convoyage, en prodiguant des soins et une surveillance continue dans un environnement présentant de multiples contraintes (exiguïté, autonomie réduite, bruits, accélérations, vibrations, perturbations physiologiques liées à l'altitude).

La préparation de la mission, l'installation optimale du patient et l'utilisation de matériels adaptés sont essentielles afin d'éviter ou d'anticiper toutes complications en vol. Dans le cadre de la formation médicale continue de médecine aéronautique, les exercices d'entraînement en simulation sont des éléments essentiels à la préparation des équipes de convoyage.

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

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Doctrine du soutien médical aux engagements opérationnels Doctrine interarmées. DIA-4.0.10_SOUTMED-OPS(2014). N°176/DEF/CICDE/NP du 31 juillet 2014. In 2014:1-72.
2. Pats B, Debien B, Borne M. Les Evasan stratégiques. Principes d'organisation et de régulation. Réanoxyo. 2007;21:8-11.
3. Madec S, Coste S. Transport aérien du patient traumatique. Médecine Aéronautique Spat. 2011;52(196):157-63.
4. Les évacuations médicales stratégiques Publication interarmées. PIA-4.10.1_STRATEVAC(2017). N°74/DEF/CICDE/NP du 26 avril 2017. In 2017:1-42.
5. Robert J, Tourtier J-P, Vitalis V, Coste S, Gaspard W, Bourrilhon C. Air Medical–Evacuated Battle Injuries: French Army 2001 to 2014 in Afghanistan. Air Med J. 2017 Nov;36(6):327-31.
6. Marotte H. Transport aérien de passagers malades ou blessés: conséquences physiologiques du vol. Reanoxyo. 2007;21:12-4.
7. Franchin M, Bisconte S, Frattini B, Kerrien C, Morgand E, Coste S. Pathologies médicales et évacuation sanitaire par voie aérienne. Médecine Aéronautique Spat. 2011;52:164-70.
8. Teichman PG, Donchin Y, Kot RJ. International Aeromedical Evacuation. N Engl J Med. 2007 Jan 18;356(3):262-70.
9. Marotte H. Physiologie aéronautique. SEES. 2004:230 p.
10. Tourtier JP, Leclerc T, Cirodde A, Libert N, Man M, Borne M. Acute Respiratory Distress Syndrome: Performance of Ventilator at Simulated Altitude. J Trauma Inj Infect Crit Care. 2010 Dec;69(6):1574-7.
11. Franck L, Forsans E, Daban J, Andries L, Coste S, Tourtier J, et al. Transport aérien d'un blessé grave. Médecine Aéronautique Spat. 2011;52(196):150-6.
12. Scultetus AH, Haque A, Chun SJ, Hazzard B, Mahon RT, Harssema MJ, et al. Brain hypoxia is exacerbated in hypobaria during aeromedical evacuation in swine with traumatic brain injury. J Trauma Acute Care Surg. 2016 Jul;81(1):101-7.
13. Grissom TE. Critical-Care Air Transport: Patient Flight Physiology and Organizational Considerations. In: Aeromedical Evacuation. New York: Springer-Verlag; 2003:111-35.
14. McNeill MM. Critical Care Performance in a Simulated Military Aircraft Cabin Environment. Crit Care Nurse. 2018 Apr 1;38(2):18-29.
15. Fontaine E, Coste S, Poyat C, Klein C, Lefort H, Leclerc T, et al. In-Flight Auscultation During Medical Air Evacuation: Comparison Between Traditional and Amplified Stethoscopes. Air Med J. 2014 Nov;33(6):283-5.
16. Richardson MW. Casualty evacuations: transport of the severely injured. J Trauma. 2007 Jun;62(6 Suppl):S64-5.
17. Singh JM, MacDonald RD, Bronskill SE, Schull MJ. Incidence and predictors of critical events during urgent air-medical transport. Can Med Assoc J. 2009 Oct 27;181(9):579-84.
18. Le Noël A, Mérat S, Ausset S, De Rudnicki S MG. Le concept de damage control resuscitation. Ann Fr Anesth Reanim. 2011 Sep;30(9):665-78.
19. Grasser L, de Rudnicki S, Coste S MS. Évacuation médicale aérienne stratégique individuelle et collective: réponses logistiques et médicales. In: Le blessé de guerre. Arnette. 2014:503-15.
20. Geeraerts T, Velly L, Abdennour L, Asehnoune K, Audibert G, Bouzat P, et al. Prise en charge des traumatisés crâniens graves à la phase précoce (24 premières heures). 2016.
21. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR, Goodwin R. Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. Br Med J. 1974 Jun 22;2(5920):656-9.
22. Donat N, Cirodde A, Hoffmann C, Schaal J-V, Masson Y, Nau A, et al. Bispectral Index Measurements Are Not Degraded During Aeromedical Evacuations. Anesth Analg. 2018 Jan;126(1):170-2.