

MÉDECINE TROPICALE

Diplôme de Médecine Tropicale des Pays de l'Océan Indien

Les pathologies des vols aériens longs courriers

B-A Gaüzère. Mise à jour le 30 mai 2013

www.medecinetropicale.com

D'après un article original de A. Bourde, A. de Courcy, D. Blaise, G. Henrion, Y. Djardem, Ph. Gomard, P. Bieda, B-A Gaüzère.

1) Introduction

Le trafic aérien mondial ne cesse de croître avec 2,7 milliards de passagers en 2011, dont 13 % de plus de 65 ans. Selon une étude réalisée sur une période de 2 ans par Air France, un évènement médical se produit pour 20 000 passagers, occasionnant un décès pour 3 millions de voyageurs. Soit 10 décès annuels, dont 6,5 inopinés, les autres survenant chez des voyageurs porteurs d'une maladie chronique. Au cours des années de l'étude, 38 vols ont été abrégés pour cause médicale et dans 89,6 %, l'équipage a pu trouver un médecin à bord.

Ces données illustrent l'importance et la fréquence des pathologies observées à bord des avions, dont certaines sont en rapport direct avec les vols, notamment longs courriers. S'ajoutent à des pathologies préexistantes, d'autres pathologies créées de toute pièce et directement liées aux conditions atmosphériques et surtout à l'environnement technologique du vol.

2) Le milieu atmosphérique

2.1) L'atmosphère : les vols longs courriers sont concernés par deux couches de l'atmosphère : la troposphère essentiellement et la stratosphère :

- **La troposphère** est la couche la plus basse et la plus dense et s'étend du niveau de la mer à une altitude de 17 000 mètres au-dessus de l'Equateur et de 7 000 mètres au-dessus des pôles, du fait de la différence d'activité thermique entre ces deux régions. Elle se caractérise par des phénomènes météorologiques, la présence de vapeur d'eau et l'abaissement progressif de la température avec l'altitude, selon un gradient de 0,6° C par cent mètres.

- **La stratosphère** s'étend jusqu'à une altitude moyenne de 50 kilomètres et se caractérise par une raréfaction considérable de l'air, l'absence presque totale de vapeur d'eau ainsi que par un haut degré de rayonnement ultraviolet.

La composition chimique de l'air reste constante jusqu'à des altitudes de 100 à 200 kilomètres, en raison du mouvement continu des masses atmosphériques.

Tableau I – la composition de l'air à des altitudes de 100 à 200 kilomètres.

Gaz en quantité fixe	
* Azote N ₂	78,084 + ou - 0,004 % du volume
* Oxygène O ₂	20,946 + ou - 0,002 % du volume
* Argon A	0,934 + ou - 0,001 % du volume
* Néon Ne	1,818 + ou - 0,004 % du volume
* L'hélium Hz	5,24 + ou - 0,004 % du volume
* Krypton Kr	1,14 + ou - 0,01 x 10 ⁻⁴ % du volume
* Hydrogène H ₂	5,0 x 10 ⁻⁵ % du volume
* Xénon Xe	8,7 + ou - 0,1 x 10 ⁻⁶ % du volume
* Méthane CH ₄	1,5 x 10 ⁻⁴ % du volume
* Protoxyde d'azote N ₂ O	5,0 x 10 ⁻⁵ % du volume
Gaz en quantité variable	
* Vapeur d'eau H ₂ O	0,01 à 4 % du volume
* Ozone O ₃	1,0 x 10 ⁻⁶ à 1 x 10 ⁻⁵ % du volume
* Radon Rn	6,0 x 10 ⁻¹⁸ % du volume
* Monoxyde de carbone CO	6,0 x 10 ⁻⁶ % du volume
* Oxyde de soufre SO ₂	1,0 x 10 ⁻⁴ % du volume

* Oxyde d'azote NO	Traces
* Le dioxyde de carbone CO ₂	0,033 + ou - 0,001 % du volume

L'ozone est formé dans la stratosphère par photodissociation de l'oxygène moléculaire sous l'effet des rayons UV, dans les longueurs d'ondes voisines de 2 400 angströms. La concentration de l'ozone augmente avec l'altitude pour atteindre un maximum vers 30 et 35 kilomètres. L'homme peut tolérer des concentrations d'ozone dans l'air égales à 10⁻⁴ mg/litre. L'ozone présente la propriété d'être rapidement dissocié en oxygène sous l'effet de la chaleur ; c'est ce qui se passe dans les compresseurs de certains avions où est puisé l'air nécessaire à la pressurisation.

La masse principale de la vapeur d'eau. L'atmosphère contient en permanence près de 10 000 milliards de tonnes d'eau en circulation. La vapeur d'eau se concentre dans la troposphère et décroît avec l'altitude. Elle n'est plus que de moitié à 2 000 mètres et de 1/10 à 5 000 mètres. La densité de l'air diminue aussi avec l'altitude mais augmente proportionnellement à l'accroissement de la pression et à l'abaissement de la température. Un modèle d'atmosphère dit atmosphère standard, a été élaboré à l'aide de données statistiques sur les conditions moyennes existant aux latitudes des zones tempérées.

Tableau II – Atmosphère standard : pression, température et densité.

Altitude (mètres)	Pression (hPa)	Température (°C)	Densité (g/l)
0	1 013,2	15	1,225
1 000	898,7	8,5	1,112
3 000	701	- 4,5	0,909
5 000	540,1	- 17,5	0,736
8 000	555,9	-39,6	0,525
10 000	264,3	- 58	0,412
13 000	161,5	- 56,5	0,265
16 000	102,8	-56,5	0,165

Les avions longs courriers évoluent dans des tranches d'atmosphère à composition de l'air constante. L'augmentation de l'altitude et la baisse de la pression atmosphérique entraînent une diminution des pressions partielles des différents gaz constitutifs de l'air dans les mêmes proportions. Il est donc nécessaire d'obtenir à l'altitude de croisières des vols longs courriers, une pressurisation de la cabine et un apport d'oxygène en cas de dépressurisation accidentelle.

2.2) Les radiations solaires et les radiations cosmiques : L'atmosphère joue un rôle fondamental de filtre des radiations, du fait de sa composition. Une partie du rayonnement visible du spectre solaire est absorbée par la vapeur d'eau des couches basses de l'atmosphère. Plus de 90 % du rayonnement peut traverser le filtre atmosphérique par temps clair, contre 20 % par temps couvert. Les particules solaires d'énergie inférieure à 30 MeV sont arrêtées par les parois de l'avion. Au-dessous de 16 000 mètres d'altitude, les doses sont insignifiantes. Le rayonnement cosmique galactique dépend fortement de la latitude géomagnétique : il est plus élevé dans les régions polaires. Les doses mesurées à bord des avions entre 15 000 et 20 000 mètres d'altitude sont de l'ordre de 0,5 mrem à 1 mrem/heure.

3) L'environnement technologique

3.1) La pressurisation : Elle est rendue nécessaire par l'altitude élevée des avions en croisière. L'idéal serait de disposer d'une altitude cabine identique à celle du niveau de la mer, quelle que soit l'altitude de croisière. Or cela n'est pas possible en raison de contraintes technologiques et économiques. La réglementation précise que tout avion de transport public volant à une altitude supérieure à 6 000 mètres (20 000 pieds) doit être pressurisé et qu'il doit rétablir une pression cabine à une valeur maximale de 2 438 mètres en vol normal (8 000 pieds). Lors de la montée de l'avion à

son niveau de croisière, s'établit un gradient de pression entre la pression cabine et la pression extérieure, qui impose des contraintes techniques (renforcement des parois de la cabine, contrôle d'étanchéité, supplément de puissance, de poids, de consommation). La pression de la cabine est déterminée par la puissance d'un compresseur définissant le rapport pression de la cabine sur pression atmosphérique à l'altitude de vol, ainsi que par la différence maximale de pression structurellement admissible entre la pression en cabine et la pression atmosphérique réelle au niveau du vol. Cette différence de pression est réalisée grâce à un débit continu d'air prélevé à l'extérieur par le compresseur, ainsi que par une fuite contrôlée en cabine.

Tableau III – Pression atmosphérique en fonction de l'altitude.

Altitude (m)	Densité en g/l	P.A. (bar)	T°C
0	1,225	1	+ 15
1 000	1,112	0,89	+ 8,5
2 000	1,06	0,79	+ 2
5 000	0,736	0,54	- 17,5
10 000	0,412	0,26	- 58

Tableau IV – Ordre de grandeur des gradients de pression selon les aéronefs.

Type d'avion	Pression différentielle	Altitude de cabine en pieds
	(mmHg)	(croisière à 35 000 pieds)
B 747	462	4 700
B 767	445	5 400
DC 10	445	5 400
A 300	427	6 100

Le choix de l'altitude cabine est dicté par différents impératifs, dont la sensibilité à l'hypoxie et les conséquences éventuelles d'une décompression. Les modifications de l'altitude cabine sont régulées par deux types de variations de la vitesse. Les variations lentes correspondent au phénomène de montée et de descente, au cours desquelles une vitesse de variation d'altitude ne doit provoquer aucun inconfort. Les variations rapides et de courtes durées sont basées sur le seuil de perception de la différence de pression entre l'oreille moyenne et l'air ambiant. Le pilote réalise une montée progressive de l'altitude cabine depuis le décollage jusqu'à l'altitude de croisière avec une vitesse de variation la plus faible possible. La consigne est de maintenir la vitesse de montée de l'altitude cabine en dessous de 2,5 m/seconde (500 pieds/minute) et la vitesse de la descente de l'altitude cabine en dessous de 1,5 m/seconde (300 pieds/minute).

3.2) L'atmosphère cabine : Le système de pressurisation est également conçu pour approvisionner la cabine en air, et évacuer les gaz respiratoires et les fumées (tabac). Les avions subsoniques sont des avions froids dont il faut réchauffer la circulation intérieure. Les températures cabine peuvent varier de 12° C à 32° C, fonction de la sensation de confort désiré, définie en général par un couple de valeurs température ambiante - degré d'hygrométrie. En général, cette sensation de confort est obtenue pour une atmosphère usuelle à 20° C avec 70 % d'humidité. En cabine, la température est le plus souvent aux alentours de 18° C et l'hygrométrie varie entre 10 et 20 %, bien en dessous du seuil de 40 %, en dessous duquel surviennent les premières sensations d'inconfort. En ce qui concerne la qualité de l'air, il existe plusieurs normes variables selon les organismes qui les ont élaborées. Si la séparation des fumeurs et des non-fumeurs semble réduire significativement l'exposition de ces derniers à la nicotine, elle n'évite pas la pollution des non-fumeurs. Certains symptômes oculaires et O.R.L. peuvent être directement liés à l'exposition nicotinique dans les avions. Cette symptomatologie irritative serait également en rapport avec la baisse de l'hygrométrie, l'hypoxie relative, la teneur en ozone et la présence de dioxyde d'azote.

4) Pathogénie du transport aérien

L'hypobarie de cabine précédemment décrite engendre essentiellement deux conséquences : le dysbarisme et l'hypoxie.

4.1) Dysbarisme. D'après la loi de Boyle-Mariotte, le volume d'un gaz varie en proportion inverse de la pression (PV = constante). Un volume gazeux dans un espace clos se dilate donc en montée en

altitude et se contracte en descente. L'hypobarie d'altitude expose donc à une expansion des cavités closes de l'organisme, dans une proportion qui va environ de 20 % entre 3 et 5 000 pieds, à 30 % à 8 000 pieds de pression cabine (2 438 mètres). L'expansion de ces cavités closes rend compte de certaines pathologies.

4.2) L'hypoxie d'altitude. Selon la loi de Dalton et Henry, lorsque plusieurs gaz sont mêlés, chacun se comporte comme s'il était seul (notion de pression partielle). La pression atmosphérique est donc la somme des pressions partielles de chacun des gaz contenu par l'air. L'oxygène exerce donc à une altitude donnée une pression partielle égale au produit de la pression atmosphérique par la pression partielle d'oxygène. La composition de l'air est fixe et l'oxygène en représente 20,95 % quelle que soit l'altitude. A 8 000 pieds de pression cabine (2 438 mètres), la PiO^2 chute à 118 mmHg, la PaO^2 à 68 mmHg et la saturation de l'hémoglobine à 93 %. Si cette hypoxie n'a pas de conséquence sur le sujet sain, en revanche, elle peut constituer un élément déclenchant de certaines pathologies, chez certains voyageurs.

_Tableau V – Effets de l'altitude sur l'oxygénation.

Altitude		pB mmHg	piO^2 mmHg	PaO^2 mmHg	SaO^2 %
Pieds	Mètres				
0	0	760	159	103	98
1 000	305	733	153	98,2	
2 000	610	706	147	93,8	
3 000	914	681	142	89,5	95
4 000	1 219	656	137	85,1	
5 000	1 524	632	132	81	
6 000	1 829	609	127	76,8	93
7 000	2 134	586	122	72,8	
8 000	2 438	565	118	68,9	

pB : pression atmosphérique ; PiO^2 : pression partielle d'oxygène dans l'air inspiré ; PaO^2 : pression partielle du sang inspiré ; SaO^2 : saturation de l'hémoglobine.

La courbe de Barcroft de dissociation de l'oxyhémoglobine, montre que la baisse de la pression partielle de l'oxygène entraîne une chute de la saturation. L'hypoxie entraîne par le biais des chémorécepteurs une hyperventilation avec hypocapnie, elle-même responsable d'alcalose du liquide céphalo-rachidien et de dépression respiratoire. Quand ces deux mécanismes régulateurs opposés s'équilibrent, c'est l'adaptation à l'altitude. Ce long processus ne peut se mettre en place au cours des transferts aériens longs courriers. Les risques sont majorés lors des pathologies qui déplacent la courbe de Barcroft vers la droite : anémie, insuffisante cardiaque, acidose métabolique, hyperthermie...

4.3) Ambiance thermo-hygrométrique. Les variations thermiques ne sont pas très importantes et restent de l'ordre de 20 à 22 %. Les orifices d'administration de l'air frais dans la cabine sont suffisamment nombreux et petits, pour que la vitesse de déplacement de cet air ne se soit pas perceptible et se situe dans la zone de confort. Par contre les variations hygrométriques sont bien plus importantes. L'hygrométrie cabine initiale de 20 à 30 %, chute au fil du vol, malgré le rejet de vapeur d'eau par les passagers, exception faite du passage de l'avion dans les nuages. Cette sécheresse extrême de l'air prélevé à l'extérieur à pour conséquence une déperdition hydrique et un assèchement rapide des muqueuses.

4.4) Accélération et vibrations. Les accélérations ont la particularité de se situer dans les 3 dimensions de l'espace : accélérations linéaires et rectilignes dans l'axe de l'avion, accélérations linéaires radiales par le changement de direction et accélérations angulaires des trajectoires curvilignes. Ces vecteurs sont à l'origine de forces d'inertie qui s'appliquent sur la masse du corps. Les accélérations sont surtout ressenties aux atterrissages, aux décollages, dans les virages ou lors de zones de turbulence. Elles sont à l'origine de deux phénomènes : la chute d'objets ou de personnes et l'apparition de crises neurovégétatives, responsables du mal de l'air par stimulation des canaux semi-circulaires de l'oreille interne en contradiction avec les sensations somesthésiques et visuelles. Seules les vibrations de basse fréquence (4-12 Hz) provoquent des phénomènes de

résonance au niveau des viscères. Les avions à réaction longs courriers émettent des vibrations inoffensives de l'ordre de 60 Hz.

4.5) Niveau sonore. Bien qu'il reste inférieur à la limite de tolérance habituellement admise pour les risques d'atteinte d'acuité auditive (80 décibels), il est tout de même suffisamment élevé (50 à 70 décibels) et majore les facteurs de stress.

5) Les pathologies rencontrées

Une étude rétrospective¹ publiée dans le *New England Journal of Medicine* a porté sur tous les appels répertoriés entre le 1er janvier 2008 et le 31 octobre 2010 aux centres d'assistance médicale de 5 grandes compagnies aériennes américaines et internationales représentant 10 % du trafic passager mondial. 11 920 dossiers ont été inclus, soit un appel pour 604 vols, soit en extrapolant ces données à la totalité du trafic international, 44 000 appels chaque année dans le monde. Cinq types d'urgences représentent plus des trois-quarts des observations, par ordre décroissant : les syncopes et les "pré-syncopes", les troubles respiratoires, les nausées et les vomissements, les symptômes cardiaques et les crises comitiales. Dans trois-quarts des cas, l'aide d'un voyageur professionnel de santé (médecin dans 48 %, infirmières 20 %) a été noté. Le taux de déroutement du vol était de 7,3 % (9,4 % de déroutement du vol s'il s'agit d'un médecin, 6,2 % s'il s'agit d'une infirmière), de transport vers un hôpital à l'arrivée, 25,8 %, d'hospitalisation de 8,6 %.

Ce sont les symptômes évoquant un accident vasculaire cérébral ou gynéco-obstétricaux qui ont donné lieu au plus grand pourcentage de déroutements. 38 arrêts cardiaques sont survenus en vol avec 7 survies. Le défibrillateur automatique externe a été utilisé pour 137 patients, dans la plupart des cas pour sa fonction de monitoring et seuls 5 chocs électriques ont été délivrés.

A l'aéroport de Roissy, une étude menée pendant 7 ans chez 135 290 000 passagers à l'arrivée a retrouvé 56 embolies sévères à l'arrivée, soit une incidence par million de passagers. Les risques sont proportionnels à la distance parcourue : 0 : inférieur à 2500 km, 0,11 : 2500-4999 km, 0,4 : 5000-7499 km, 2,66 : 7500-9999 km, 4,77 : supérieur à 10 000 km. Quatre patients présentaient un risque élevé : chirurgie récente, immobilisation (> 3 jours), antécédents de thromboembolie, cancer, insuffisance cardiaque et 49 patients étaient à risque modéré : varices, traitement hormonal, âge supérieur à 40 ans, obésité, tabagisme

5.1) La maladie thromboembolique veineuse

Homans a décrit en 1954 la relation probable entre la survenue de thrombose veineuse profonde et la position semi-assise sur les vols longs courriers. Cruickshank décrit en 1988 le Syndrome de la classe économique. Benoit affirme en 1992 la corrélation entre la pathologie embolique et la thrombophlébite d'immobilisation lors du vol. Paganin en 1996, recense 6 cas d'embolies pulmonaires sévères sur les vols Paris-Réunion. Les publications se multiplient. La pathogénie est maintenant bien connue :

- la déshydratation liée à la faible hygrométrie de la cabine et majorée par les effets diurétiques du café et du thé entraîne une augmentation de la viscosité sanguine;
- la baisse de la PaO₂ avec diminution de la saturation de l'hémoglobine a peu de conséquences chez le sujet sain, mais augmente la viscosité sanguine et le taux de fibrinogène circulant chez le fumeur.
- l'immobilité prolongée semble plus néfaste en classe économique où l'espace entre les sièges est plus restreint. Cette immobilité est plus importante pendant les vols de nuit car les passagers consomment des somnifères et s'endorment dans des positions peu confortables (*cramped position*). De plus, les passagers assis près des hublots ont un accès moins aisé aux allées.

Selon Philbrick, l'incidence de la (Mtev) est estimée à 1/1 000 avec une mortalité de 2 %. L'incidence serait de vingt-sept embolies pulmonaires par millions de vols. L'écho Doppler réalisé systématiquement dépiste 0.5 cas par millions de voyageurs, soit un risque multiplié par deux lié au voyage. L'incidence qui est nulle pour des vols d'une durée de moins de cinq heures, s'élève rapidement varie selon la durée du vol.

La Mtev pourrait devenir plus fréquente dans les années à venir, car des sujets âgés voyagent de plus en plus, dans les conditions de la classe économique. Une méta-analyse a regroupé 14 études

¹ Peterson D et coll.: Outcomes of medical emergencies on commercial airline flights. *N Engl J Med.*, 2013; 368: 2075-83.

incluant 4 055 Mtev survenues après un voyage prolongé en avion. Comparativement à un groupe témoin constitué de sujets qui n'ont pas pris l'avion, le risque relatif global de Mteva été évalué à 2,00. Une relation de type dose-effet a été mise en évidence entre la durée du voyage (avion, correspondances, séjour dans les aéroports) et le risque de Mtev. Les études sélectionnées n'ont inclus que des passagers occidentaux. Les destinations lointaines exposent à un risque relativement élevé de Mtev.

Selon une étude néo-zélandaise publiée en 2003, le risque de thrombose pourrait être de 1% parmi les usagers réguliers de vols long courrier. L'étude s'est faite sur 878 personnes habituées de vols long courrier, âgés de 18 à 70 ans ayant effectué en moyenne 39 heures de vols en six semaines. Neuf d'entre eux ont souffert d'une thrombose veineuse dans les trois mois qui ont suivi leur voyage. Parmi les personnes qui ont participé à l'étude, 17% d'entre eux portaient des bas de contention et 31% avaient pris de l'aspirine. Malgré ces précautions plusieurs ont souffert de thrombose.

Au printemps 2002 une étude conduite sur 899 passagers de plusieurs vols Londres-Johannesburg, a démontré que 1% d'entre eux ont développé une thrombose.

L'existence d'une thrombophilie ou l'utilisation de contraceptifs oraux augmentent considérablement le risque de maladie thromboembolique veineuse après voyage en avion. Martinelli et coll. ont dans une étude cas-contrôle évalué le risque de maladie thromboembolique après voyage en avion chez des porteurs d'une anomalie de la coagulation ou chez les femmes sous contraceptif oral. Deux cent-dix patients avec un épisode documenté d'embolie pulmonaire et 210 volontaires sains ont été inclus. Dans le mois précédent l'épisode d'EP ou la visite pour les contrôles, 31 patients (15 %) et 16 contrôles (8 %) rapportaient un voyage en avion ce qui représentait un odds ratio de 2,1. Une thrombophilie était retrouvée chez 102 patients (49 %) et 26 contrôles (12 %), des contraceptifs oraux étaient utilisés par 48 patients et 19 contrôles (respectivement 61 % et 27 % des patientes en âge de procréer).

Le risque de survenue d'une EP après voyage en avion chez les patients porteurs d'une thrombophilie était multiplié par 16,1. Les femmes sous contraceptifs oraux ont un risque multiplié par 13,9 de développer une EP après un voyage en avion. L'existence d'une thrombophilie ou les contraceptifs oraux augmentent donc considérablement le risque d'EP après voyage en avion.

Des facteurs favorisants connus caractérisent les vols et les populations à risques : durée du vol supérieure à 3-4 heures ; antécédents d'insuffisance veineuse et de varices ; femmes de plus de 40 ans ; hommes de plus de 50 ans avec des varices des membres inférieurs ; néoplasies évolutives, syndromes néphrotiques.

A bord des vols longs courriers, il est donc conseillé : de marcher une fois par heure dans les allées ; de s'hydrater abondamment avec des boissons non diurétiques ; d'éviter l'usage d'alcool et de tabac ; de ne pas prendre des hypnotiques qui favorisent l'assoupissement dans des positions compressives ; de voyager sur un siège permettant d'allonger les jambes.

Le risque d'embolie n'est pas négligeable et doit être prévenu par des prises d'aspirine à la dose de 100 mg la veille et le jour du voyage, une injection d'anticoagulants (héparine par voie sous-cutanée ou fondaparinux 2.5 mg (Arixtra®), des boissons abondantes, une déambulation régulière en vol, le port de bas de contention de classe II au genou (Efficacité démontrée avec un pourcentage d'évènements thromboemboliques passant de 3,7 à 0,2 % avec port de bas), le port de vêtements et de sous-vêtements amples. Les veino-actifs constituent une alternative à la compression en cas d'insuffisance veineuse superficielle (Recommandation de grade A pour les flavonoïdes, diosmine : Daflon®).

En résumé ; une personne porteuse d'une thrombophilie présente en dehors de tout voyage, un risque relatif de maladie thromboembolique en vol (Mtev) égal à 6 et égal à 16 en voyage. Une femme sous traitement oestro-progestatif présente un risque relatif spontané multiplié par 4 et par 14 si elle voyage.

Sont considérés à risque modéré ; les personnes âgées de plus de quarante ans ; les femmes sous traitement oestro-progestatif ; les obèses (risque relatif multiplié par 5 si l'IMC est supérieur à 30 kg/m² ; les porteurs d'une insuffisance veineuse chronique ; le sportif de haut niveau ; les femmes enceintes (risque relatif multiplié par 2,5) et en post-partum (risque multiplié par 20) ; les consommateurs excessifs d'alcool, de café, de tabac, d'hypnotiques pendant le vol...

Sont considérés à risque élevé : les personnes aux antécédents de Mtev ou de thrombophilie ; les cancéreux ; les cas d'intervention chirurgicale ou de traumatisme récents.

5.2) Les pathologies cardiaques. L'abaissement de la pression partielle en oxygène peut avoir des conséquences chez les sujets aux capacités d'adaptation limitées. L'angine de poitrine instable est donc une contre-indication au vol en raison de la survenue de la nécrose myocardique. Toutes les pathologies cardio-vasculaires décompensées contre-indiquent les vols.

5.3) Les pathologies respiratoires : Blaise recense 4,5 % de son échantillon avec des manifestations respiratoires. Dillard montre dans une série de patients âgés de 68 ans en moyenne et porteurs de BPCO, une chute de la PaO₂ qui passe de 72 mmHg à 47 mmHg après 45 minutes de vol en croisière (cabine à 8 000 pieds). Selon cet auteur, une PaO₂ inférieure à 50 mmHg au sol nécessite une supplémentation en oxygène lors du vol.

Les sujets porteurs de troubles obstructifs sévères sont des sujets à risques, s'ils répondent aux critères suivants : capacité vitale inférieure à 50 % ; ventilation inférieure à 40 L/mn ; hypercapnie supérieure à 50 mmHg au sol ; hypoxémie inférieure à 55 mmHg au sol.

D'autres contre-indications formelles existent : pneumothorax non drainé, tuberculose bacillaire contagieuse, poussée d'insuffisance rénale aiguë...

5.4) Les pathologies O.R.L.

Elles sont surtout dues aux effets physiques des variations de la pression barométrique sur les gaz contenus dans les cavités du corps (loi de Boyle- Mariotte) :

- les aërodontalgies apparaissent à partir de 1 500 mètres, sur des dents saines ou présumées telles, traitées ou malades. Une douleur de pulpite aiguë peut survenir à la montée, brutalement, mais d'une façon transitoire, avec une notion d'altitude seuil. L'hypothèse d'une hypoxie pulpaire s'ajoute à la notion d'un barotraumatisme exclusif.
- les otites externes barotraumatismes apparaissent essentiellement à la descente, et sont dues à des petites hémorragies sous épithéliales. Les otites moyennes sont dues à une augmentation du volume de l'air contenu dans l'oreille moyenne, et apparaissent en cas de dysfonctionnement de la trompe d'Eustache. La manœuvre de Valsalva suffit le plus souvent à compenser ce dysfonctionnement.
- les sinusites barotraumatiques relèvent du même mécanisme, lors d'obstruction des orifices sinusiens.
- de simples rhino-pharyngites peuvent conduire à déconseiller un voyage aérien.

5.5) Les pathologies digestives

- L'expansion des gaz intestinaux est cause de flatulence chez le sujet sain et de douleurs plus nettes chez les sujets aux antécédents de chirurgie abdominale majeure. Il est conseillé de limiter féculents et boissons gazeuses avant et pendant le vol.
- Les toxi-infections alimentaires sont entrées dans la légende.

5.6) Les pathologies endocriniennes.

Les patients diabétiques doivent ajuster leur traitement au travers des fuseaux horaires. De nombreux schémas sont possibles. Alors que l'utilisation de biguanides est sans conséquence particulière, les sulfamides hypoglycémiantes exposent au risque d'hypoglycémie. Le diabète insulino-dépendant, impose une diminution des doses lors des déplacements vers l'Est et une augmentation, lors des déplacements vers l'Ouest. Sane a démontré qu'une variation de 2 à 4 % de la dose quotidienne d'insuline par heure de décalage, était nécessaire.

5.7) Les pathologies psychiatriques

- L'aërodromophobie ou aviophobie se caractérise des symptômes qui sont ceux de toutes les phobies : tachycardie, sueurs profuses, voire pertes de connaissance. Ces troubles apparaissent au moment de la montée dans l'appareil, du décollage et de l'atterrissage, durant le vol lui-même, voire parfois à la seule évocation de prendre un avion. Les déplacements aériens sont donc fortement limités, ce qui au XXI^e siècle peut s'avérer préjudiciable au plan professionnel. Plusieurs types de traitements sont proposés : anxiolytiques ou des antidépresseurs, psychothérapie comportementale, cognitive ou analytique, stages d'adaptation.
- Un syndrome de sevrage est possible chez les tabagiques sur les vols non-fumeurs, avec agitation et instabilité, de même que chez l'éthylrique.
- Enfin, faire voyager un malade psychiatrique mal équilibré l'expose au risque d'une décompensation aiguë, nocive pour aussi bien pour lui, que l'équipage et les autres passagers.

5.8) Le mal de l'air est devenu moins fréquent depuis l'avènement des avions à réaction volant à haute altitude. Il frappe les sujets dont le vestibule est intolérant aux basses oscillations. Il est alors conseillé de prendre place au centre de gravité de l'appareil, près des ailes et d'un hublot, et de fixer un point immobile à l'horizon.

5.9) Le décalage horaire se caractérise par des troubles de sommeil, avec fatigue, trouble de la vigilance et somnolence diurne. Ces troubles sont mineurs lors de la traversée de moins de 4 fuseaux. Le décalage vers l'Ouest est mieux supporté que le décalage vers l'Est. Aux USA, la mélatonine est utilisée assez largement, mais n'a pas encore fait l'objet d'une évaluation. En cas de séjour à 3 jours, il est recommandé de vivre au rythme du pays de départ. Inversement, en cas de séjour supérieur à 3 jours, il est recommandé d'essayer de se synchroniser avec l'horaire de destination.

5.10) - Les désagréments ophtalmologiques concernent les nombreux passagers porteurs de lentilles ou ceux qui souffrent d'insuffisance lacrymale (sécheresse de l'air). Le port des lentilles est déconseillé pour les vols dont la durée dépasse 3 à 4 heures.

6) Pathologies des équipages

6.1) Le risque de translocations chromosomiques est augmenté chez les pilotes dans le quartile de nombre d'années de vol le plus élevé, suggérant un effet biologique significatif des radiations ionisantes pour ceux ayant volé le plus longtemps. Ces radiations augmentent le risque de cancer, mais, chez les pilotes, l'absence d'homogénéité des résultats des travaux existants, et la durée souvent insuffisante du suivi, ne permettent pas de conclure

6.2) Diminution des facultés mnésiques et d'apprentissage spatial ? Lors de vols trans-méridiens, l'horloge biologique est perturbée à cause de l'induction par le noyau suprachiasmatique d'une libération accrue de cortisol. Une exposition chronique à des taux élevés de corticoïdes circulants a des répercussions négatives sur la fonction cognitive des personnels naviguant depuis plus de 3 ans. Le décalage horaire influe sur les performances, la santé physique et psychologique des individus. Kwangwook Cho a démontré que chez les hôtesses de l'air les moins favorisées au niveau de la récupération présentaient à l'IRM une réduction significative du volume des lobes temporaux droits avec une diminution des facultés mnésiques et d'apprentissage spatial.

7) Le médecin à bord

Le champ et l'interprétation des lois applicables en vol, sont perçus différemment selon la nationalité des passagers, des médecins et de l'équipage. En matière pénale, la convention de Tokyo du 14 septembre 1963 affirme la compétence de l'état d'immatriculation de l'avion pour connaître des actes et infractions à bord. En matière civile, il n'existe pas une compétence obligatoire attachée à l'immatriculation. Ainsi le médecin intervenant pourrait être poursuivi pour les fautes commises dans son action, aussi bien que pour les conséquences de son abstention, en toute juridiction compétente. Une loi américaine (*Good Samaritan Act*) tendrait à limiter la responsabilité du médecin appelé en cas d'urgence sur les vols des lignes nord-américaines, ceci afin de ne pas le dissuader d'intervenir.

Selon le code pénal français (articles 113-4 / 223-6) et le code de déontologie médicale de 1995, un citoyen français est obligé de porter assistance à une personne en danger. La législation précise qu'une négligence volontaire d'un médecin sera sanctionnée, que le danger soit réel ou hypothétique, que l'aide fournie soit efficace ou non, que le médecin soit compétent et qualifié ou non, qu'il soit actif ou retraité. En l'absence de solides arguments (maladie personnelle, incapacité physique, mais pas fatigue ou mal de l'air, abus de boisson ou prise d'un somnifère), les peines prévues pour non-assistance sont 75 000 € d'amende et jusqu'à cinq ans de prison.

La plupart des compagnies internationales disposent d'un personnel de cabine formé au premier secours. Ce personnel a accès à une trousse qui lui est réservée, contenant, avec un mode d'emploi rédigé par un médecin de la compagnie des médicaments usuelles réputées pour leur innocuité tels : antalgiques antipyrétiques, collyres, antiémétisants, décongestionnants nasaux, antispasmodiques, pansements gastriques... Certaines de ces trousse contiennent parfois du Temgésic®. Il existe une trousse d'urgence destinée exclusivement à un médecin qui permet de faire face aux grandes urgences : drogues à visée cardio-vasculaire, corticoïdes, anti-inflammatoires, broncho-dilatateurs, psychotropes, anti paludéens, sérum glucosé hypertonique, stéthoscope, tensiomètre, canules, clamps, garrots, seringues...

La moitié des passagers interrogés pensent qu'un médecin est toujours présent à bord. Selon Baudouin, en cas de situation d'urgence, l'équipage trouve un médecin présent dans l'avion dans 85

% des cas. Dans certaines circonstances l'avion peut être dérouté vers un aéroport possédant des moyens médicaux adaptés. Il s'agit toujours d'une décision difficile et coûteuse. Certaines compagnies ont commencé à expérimenter la mise en place des défibrillateurs semi-automatiques et les transmissions d'électrocardiogrammes de l'avion vers le sol.

8) Naissance à bord

Quelle est la nationalité d'un bébé qui naît à bord d'un avion ? Celle de son père, de sa mère ou du pays survolé ? Le Haut Commissariat aux Droits de l'Homme, et plus précisément la Convention sur la réduction des cas d'apatride datant de 1951 précise que « La naissance à bord d'un navire ou d'un aéronef sera réputée survenue sur le territoire de l'Etat dont le navire bat pavillon ou dans lequel l'aéronef est immatriculé ».

9) Les jeunes enfants

Respirer dans la cabine d'un avion pressurisé équivaut à respirer au sol, avec une FiO_2 de 17 % à 15 %. Les petits nourrissons ayant une propension à l'hypoxie, il existe donc des risques d'hypoventilation, voire d'apnées. Toutefois, les cas de mort subite rapportés après un voyage aérien sont rares. Bossley et Balfour-Lynn ont relevé une baisse de la SaO_2 , de 4,9 points en valeur médiane, a été constamment notée chez des nourrissons de 3 mois, nés à terme et bien portants, après 6,3 heures passées dans 15 % d'oxygène. Cependant, l'amplitude de la baisse n'était pas corrélée à la valeur de départ de la SaO_2 .

Certains auteurs préconisent un « test d'aptitude au vol aérien chez les nourrissons à risque élevé d'hypoxie hypobare, test de réalisation difficile en pratique.

Les ex-prématurés avec détresse respiratoire néonatale ou dysplasie broncho-pulmonaire, mais non oxygène-dépendants, voient leur SaO_2 chuter de > 95 % (en air) à < 85 % (dans 15 % d' O_2), en deux minutes en moyenne.

La *British Thoracic Society* déconseille les voyages aériens au cours de la première semaine de vie et jusqu'à l'âge corrigé de 6 mois chez les ex-prématurés qui présentent une infection respiratoire ; elle préconise un test d'aptitude au vol pour tous les nourrissons qui ont présenté une maladie pulmonaire en période néonatale, et l'administration d'oxygène, en vol, à ceux dont la SaO_2 baisse sous 90 % (ou <85 % ?) au cours du test.

En sus des affections habituelles contre-indiquant le voyage aérien, la mucoviscidose nécessite une évaluation soigneuse compte tenu de l'hypoxie hypobare et de la sécheresse de l'air en cabine. Un VEMS inférieur à 50 % de la valeur prédite, une désaturation au test d'hypoxie imposent une oxygénation. Il n'existe pas de données établies sur les cardiopathies cyanogènes.

L'imperméabilité de la trompe d'Eustache et l'incapacité d'exécuter une manœuvre de Valsalva expliquent la fréquence des symptômes de barotraumatisme de l'oreille (otalgies). la perforation du tympan est toutefois rare. Il convient de faire têter, boire, mâcher, sucer ou se moucher l'enfant, notamment lors de la descente et de la montée.

10) Les contre-indications au voyage aérien long courrier

Tableau VI – Les contre-indications au voyage aérien long courrier.

Cardio-vasculaires	Infarctus du myocarde de moins de 3 semaines Infarctus du myocarde compliqué de moins de 6 semaines Angine de poitrine instable Insuffisance cardiaque décompensée < 2 semaines Hypertension artérielle compliquée Trouble du rythme cardiaque symptomatique Hypertension artérielle pulmonaire Cardiopathie congénitale cyanosante Phlébothrombose évolutive Antécédent d'embolie pulmonaire sans anticoagulant
Respiratoires	Contre-indications déjà spécifiées (insuffisance respiratoire) Pneumothorax non drainé Emphysème Polykystose pulmonaire Asthme évolutif Chirurgie thoracique de moins de 2 semaines Tuberculose évolutive
	Anémie < à 8,5 g Hb Drépanocytose et Thalassémie

Hématologiques	Hémophilie Trouble de la coagulation non contrôlée Hémopathies terminales
O.R.L.	Sinusites et otites aiguës Mastoïdites Chirurgie otologique récente
Digestives	Chirurgie abdominale récente Diverticulose et colite en phase aiguë Ulcère hémorragique de moins de 3 semaines Cœlioscopie inférieure à 7 jours Hypertension portale avec varices
Ophthalmologiques	Chirurgie ophtalmologique de moins de 2 semaines Kératite évolutive
Neuropsychiatriques	Troubles phobiques graves Psychose grave non stabilisée Epilepsie récidivante Chirurgie cérébrale de moins de 3 semaines AVC de moins de 3 semaines
Gynéco-Obstétricales	Grossesse au-dessus de 35 semaines Menace d'accouchement prématuré
Infectieuses	Coqueluche Dengue, choléra, fièvre de Lassa, etc.
Traumatologiques	Plâtre inférieur à 48 heures
Sportives	Plongée en bouteille < 12-24 heures précédentes

11) Décalage horaire et médicaments

Dès l'arrivée à destination, il convient d'avancer la prise de médicament de deux heures. Et ce chaque jour du séjour, jusqu'à retrouver l'heure habituelle en France. Par exemple, lors d'un voyage à Calcutta, soit 6 heures de décalage, lorsqu'il est 21h à Paris, il est 3h du matin. A l'arrivée, au lieu de prendre la pilule contraceptive à 3h (21h à Paris), il faut la prendre à 1h du matin ; le lendemain à 23h et le surlendemain à 21h. Même chose, si lorsqu'on voyage vers l'ouest. Ces conseils sont valables pour tous les traitements et contraceptifs, à l'exception de l'insuline.

Références

Bale M. : Réglementation du transport aérien du pilote de ligne. Paris : Institut Aéronautique Jean Mermoz, 1990. 236 p.

Blaise D. Les pathologies rencontrées chez les passagers lors des vols longs courriers. A propos d'une enquête réalisée à l'aéroport de la Réunion et d'une revue de la littérature internationale. Thèse de médecine, Université de Franche-Comté, Faculté de Médecine de Besançon, 1993 n° 097

Burk U.: Lung embolism during and following long distance flight. *Schweiz Med. Wochensche* 1989, 119 : 287-289

Burslem C.D., Kelly M.J., Preston F.S - Food poisoning a major threat to airline operations. *J Soc Occup Med* 1990, 40 : 97-100.

Bossley C et Balfour-Lynn IM. Taking young children on aeroplanes: what are the risks? *Arch Dis Child* 2008 ; 93 : 526-533

Caillard G., Marsepoilt., Starkman M.: Pathologie thromboembolique et voyage en aéronef. *Med Aéronaut Spat* 1991, 30 (120) : 465-471

Campbell C, Rayner CF. Guidelines on prevention of venous thromboembolism during long haul flights. *Thorax*. 2003 Jan;58(1):91-2; author reply 92

Chandra D *et coll.* Meta-analysis : travel and risk for venous thrombo-embolism. *Ann Int Med* 2009; 151; 180-190):

Cho K, Ennaceur A, Cole JC, Suh CK. *Chronic jet lag produces cognitive deficits.* *J Neurosci.* 2000 Mar 15;20(6):RC66.

Cho K. *Chronic 'jet lag' produces temporal lobe atrophy and spatial cognitive deficits.* *Nat Neurosci.* 2001 Jun;4(6):567-8

Cottrel J.J.: Altitude exposures during aircraft flight. *Chest* 1988, 93 (1) : 81-84

Crawford W.A, Holcom L.C : Environment tobacco smoke (ETS) in airliners-a health hazard evaluation. *Aviat Space Environ Med* 1991, 62 : 580-586

Cruickhank J.M., Gorlin R., Jennett B.: Air travel and thrombotic episodes: the economy class syndrom. *Lancet* 1988, 2: 497-498

Cummins O.C., Schubach J.A.: Frequency and types of medical emergencies among commercial air travelers. *JAMA* 1989, 261 (9) : 1295-1299

Cummins R.O., Chapman P.J.C., Chamberlain D.A et al : In-flight deaths during commercial air travel. *JAMA* 1988, 259 (13) : 1983-1988

Dedout F et al: « Medical liabilities of the french physician passenger during a commercial flight. *Med Sci Law.* 2007; 1: 45-50.

Dillard T.A., Berg B.W., Rajagopal K.R. Hypoxemia during air travel in patients with obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med* 1989, 111 (5): 362-367

Drake J.W., Johnson K. : Measurements of certain environmental tobacco smoke components on long-range flights. *Aviat Space Environ Med* 1989, 61 : 531-542

Foerch C, Kessler KR, Sitzer M. Brain infarctions caused by paradoxical embolism during long-distance flights. *Dtsch Med Wochenschr.* 2003 Jan 31;128(5):196-8. German.

Geomet T.: Airliner cabin environment: contaminant measurements, health risks and mitigation options. Washington: U.S department of transportation, 1989

Gong H. Jr : Air travel and patients with pulmonary and allergic conditions. *J Allergy Clin Imm* 1991, 65 : 879-885

Hata N, Tanaka K, Imaizumi T, Ohba T, Ohara T, Shinada T, Yokoyama S, Makino T, Takano T. Prognosis of economy class syndrome treated in intensive care unit. *Intern Med.* 2002 Feb;41(2):91-4.

Hamada K, Doi T, Sakura M, Matsumoto K, Yanagisawa K, Suzuki T, Kikuchi N, Okuda J, Miyazaki H, Okoshi H, Zeniya M, Asukata I. Effects of hydration on fluid balance and lower-extremity blood viscosity during long airplane flights. *JAMA.* 2002 Feb 20;287(7):844-5.

Hertzberg SR, Roy S, Hollis G, Brieger D, Chan A, Walsh W. Acute symptomatic pulmonary embolism associated with long haul air travel to Sydney. *Vasc Med.* 2003;8(1):21-3.

Homans J.: Thrombosis of the deep leg veins due to prolonged sitting. *New Eng J Med* 1954, 211 : 993-997

Isayev Y, Chan RK, Pullicino PM. "Economy class" stroke syndrome? *Neurology.* 2002 Mar 26;58(6):960-1.

Lapostolle F, Borron SW, Surget V, Sordelet D, Lapandry C, Adnet F. Stroke associated with pulmonary embolism after air travel. *Neurology.* 2003 Jun 24;60(12):1983-5

Malmfors T., Thorburn D., Westlin A.: Air quality in passenger cabins of DC-9 and MD-80 aircraft. *Environ Technol Letters* 1989, 10: 613-628.

Malnick S.D.: Deep vein thrombosis and air travel. *Postgrad Med* 1988, 20: 1990

Mattson M.E., Boyd G., Byar D. et al : Passive smoking on commercial airline flights. *JAMA* 1989, 261 : 867-872

McEwen BS, Sapolsky RM. *Stress and cognitive function*. *Curr Opin Neurobiol*. 1995 Apr;5(2):205-16.

Murphy JF. The folded deckchair position: the problem of long-haul flights. *Ir Med J*. 2001 ct;94(9):260.

Oldaker G.B., Conrad F.C. : Estimation of effect of environment tobacco smoke on air quality within passengers cabin of commercial aircraft. *Environ Sci Technol* 1987, 21 (10) : 994-999

Paganin F., Laurent Y., Gaüzere B-A: Pulmonary embolism on non-stop flights between France and Reunion Island. *Lancet* 1996, 347: 1195-1196

Perez-Rodriguez E, Jimenez D, Diaz G, Perez-Walton I, Luque M, Guillen C, Manas E, Yusen RD. Incidence of air travel-related pulmonary embolism at the Madrid-Barajas airport. *Arch Intern Med*. 2003 Dec 8-22;163(22):2766-70.

Philbrick JT, Shumate R, Siadaty MS, Becker DM. Air travel and venous thromboembolism : a systematic review. *Society of general internal medicine*. 2007: 22: 107-14.

Sahiar F.: Economys class syndrome. *Aviat Space Environ Med* 1994, 65 : 957-960

Sane T., Koivisto V.A., Nikkanen P.: Adjustment of insulin doses of diabetic patients during long distance flights. *Br Med J* 1990, 301 : 421-422

Sarvesvaran R.: Sudden natural deaths associated with commercial air travel. *Med Sci Law* 1986, 26 (1) : 35-38

Schwarz T, Siegert G, Oettler W, Halbritter K, Beyer J, Frommhold R, Gehrisch S, Lenz F, Kuhlisch E, Schroeder HE, Schellong SM. Venous thrombosis after long-haul flights. *Arch Intern Med*. 2003 Dec 8-22;163(22):2759-64.

Schobersberger W, Fries D, Mittermayr M, Innerhofer P, Sumann G, Schobersberger B, Klingler A, Stollnberger V, Fischbach U, Gunga HC. Changes of biochemical markers and functional tests for clot formation during long-haul flights. *Thromb Res*. 2002 Oct 1;108(1):19-24.

Schobersberger W, Hauer B, Sumann G, Gunga HC, Partsch H. Traveler's thrombosis: incidence, etiology, prevention. *Wien Klin Wochenschr*. 2002 Jan 15;114(1-2):14-20

Schuff-Werner P. Medical events during airline flights. *N Engl J Med*. 2002 Aug 15;347(7):535-7; author reply 535-7

Spacil J. Venous thrombosis and pulmonary embolisms in air travel. *Cas Lek Cesk*. 2002 Feb 1;141(2):43-5

Teruya Theodore, Arfvidsson Berndt, Eklof Bo. Could prolonged air travel be casually associated with subclavian vein thrombosis. *J Travel Med*. 2002 Jan-Feb;9(1):17-9.

Wallace R., Sondhaus C.A. : Cosmic radiation exposure in subsonic air transport. *Aviat Space Environ Med* 1978, 49 (4) : 610-623

Winget CM, DeRoshia CW, Markley CL, Holley DC. *A review of human physiological and performance changes associated with desynchronization of biological rhythms*. *Aviat Space Environ Med*. 1984 Dec;55(12):1085-96.

Yong LC et coll. : Increased frequency of chromosome translocations in airline pilots with long term flying experience. *Occup environ Med*, Publication avancée en ligne, 11 décembre 2008).