

## Rhinologie et médecine aéronautique et spatiale

*F. Langraf-Favre, Zürich, Suisse*

### SUMMARY

*During atmospheric or space flight the organism lives under particular climatic conditions (pressure, temperature and humidity). These conditions are different in the cabin or the cockpit of a commercial aircraft, under the oxygen-mask of a fighter or in a spacecraft.*

*The author tries to give a short review of these conditions under the lights of the modern conception of nasal physiology and to present some of the conclusions for prophylaxis, medical treatment and conservative functional surgery.*

LA médecine aéronautique et spatiale classique a posé des échelons dans de nombreux chapitres de la physiologie humaine. Durant le vol atmosphérique et spatial le système respiratoire comme d'ailleurs d'autres systèmes doivent fonctionner dans des conditions particulières souvent non loin des limites naturelles de l'organisme. Il n'y a donc aucune place pour les petites déficiences fonctionnelles, déficiences qui passent souvent inaperçu dans les conditions de la vie terrestre et sédentaire. Les voies respiratoires supérieures et en particulier l'organe nasal ne font pas exception, on est dans l'obligation d'en exiger du point de vue fonctionnel le maximum et l'optimum.

Nous, les rhinologues, nous avons l'habitude de rechercher la perfection anatomique et fonctionnelle, mais l'expérience de tous les jours nous a enseigné, que dans bien des cas nous devons mettre de l'eau dans notre vin du perfectionnisme. Si cette dilution, sans être souhaitable, pouvait se pardonner en pratique quotidienne, elle est par contre inadmissible, dès qu'il s'agit d'un professionnel du vol atmosphérique ou spatial.

Quelles sont donc les conditions spéciales qui doivent nous intéresser ici? Qui pense vol, pense également hypoxie, et, il est vrai, que le problème du manque d'oxygène figure au premier plan dans l'immense répertoire de la médecine aéronautique classique. Toutefois, dans le cadre de la rhinologie deux autres domaines nous intéressent d'avantage, ce sont les variations de la pression barométrique et les conditions climatiques (température et humidité). Les facteurs accélération et radiations n'ont pas de rapport direct avec le système respiratoire, nous n'en parlerons donc pas.

Passons rapidement en revue les 5 différents types de l'environnement auquel pilotes et passagers peuvent être exposés.

Ce sont:

1. La cabine ouverte.
2. La cabine pressurisée.
3. La cabine scellée.
4. Le masque d'oxygène, dont les différents types peuvent s'utiliser dans les 3 types de cabines.
5. Le vêtement spatial autonome.

#### 1. LA CABINE OUVERTE

Ici les conditions sont celles de l'entourage atmosphérique. D'où la nécessité de respirer de l'oxygène à partir d'une altitude de 3000 à 4000 m avec respiration oxygénée sous pression dès qu'on dépasse 6000 à 7000 m.

#### 2. LA CABINE PRESSURISÉE

Ce type se trouve chez tous les types d'avions de ligne ou de combat actuellement en usage. L'atmosphère intérieure y est créée par la compression de l'air pris à l'extérieur et les gaz sont soufflés dehors. Toutefois, il n'y règne pas une pression égale à celle du sol (760 mm Hg à l'altitude de la mer) et ceci pour deux raisons: Premièrement: une déficience du système compresseur ou une fuite par une fente ou un trou artificiel pourraient se produire. C'est un événement rare en aviation civile, plus fréquent chez les appareils militaire exposés au tir. La chute brusque, parfois explosive de la pression aurait des conséquences d'autant plus dangereuses sinon fatales que la différence avec la pression extérieure serait plus grande.

Deuxièmement: comme le poids représente le problème numéro un de toute aviation commerciale et militaire, on doit chercher par tous les moyens à le réduire. Une pressurisation complète, c'est-à-dire jusqu'au niveau d'une atmosphère exigerait une construction plus massive, donc peu économique.

C'est pourquoi la pression à l'intérieur d'une cabine d'un avion de ligne correspond à une altitude de 2000 à 3000 m sur mer, et celle dans un avion de combat exposé au tir à une altitude de 6000 à 8000 m. D'où réduction de la différence de pression avec l'extérieur d'un tiers respectivement de deux tiers lors des vols à haute altitude.

Le débit d'air (pressurisé) varie entre 2000 et 6000 litres par heure et personne. C'est qui est important pour nous, c'est que l'air qui entre est d'autant plus pauvre en vapeur d'eau que l'altitude est élevée. Par contre, l'air expulsé contient toute la vapeur produite par les occupants. D'où dessèchement de l'air dans la cabine, plus marqué en grande altitude avec un taux en vapeur d'eau bien en-dessous de la zone de confort située entre 30 et 60% d'humidité relative pour une température de 20 centigrades. Si cet inconvénient s'observe encore de nos jours, ce n'est pas pour des raisons techniques. Car il n'y aurait aucun problème ni dans la récupération de l'eau ni dans l'évaporation d'eau prise dans un réservoir au cours du vol. Une fois de plus, c'est l'économie qui dicte, et comme il n'y a pas

ici un problème direct de sécurité du vol, nous, les médecins, sommes placés devant un fait accompli. Le poids de l'eau nécessaire au confort maximum dans une cabine occupée par 200 passagers diminuerait la capacité de transport pour une traversée de l'atlantique de 3 personnes environ (Mac Farland, 1953). On comprend alors le choix des économistes, sans l'approuver pour cela. Si la cabine est peu occupée, la sécheresse se fait remarquer encore davantage, puisqu'il y a moins de producteurs de vapeur d'eau.

Les effets de cette sécheresse sur les muqueuses sont accentués par la fumée de tabac présente dans pratiquement toutes les cabines.

L'activité huméfactrice de la muqueuse nasale prend donc une importance capitale pour les personnes qui voyagent souvent en avion et surtout pour les professionnels du vol. Cette activité va de pair avec le rechauffement de l'air inspiré. Selon Bloch (cit. chez v. Stramlik, 1925) le rechauffement se calcule selon la formule suivante:

$$\text{Temp. pharynx} - \text{Temp. extérieur} = \frac{5}{9} (\text{Temp. corps} - \text{Temp. extérieur})$$

La saturation en vapeur d'eau par le passage à travers les fosses nasales peut aller jusqu'à 100% et se trouve généralement autour de 75%. Cette fonction du nez décharge considérablement le travail effectué normalement dans les alvéoles du poumon. On pourrait s'étonner de cette valeur de 75 à 100%, mais il ne faut pas oublier que la chaleur spécifique de l'air est très petite, donc l'air se rechauffe avec peu d'énergie.

Selon Tromp (1967) le rechauffement de l'air par le nez se fait plus efficacement à l'altitude, et ceci indépendamment d'un changement de la perméabilité nasale globale. Dans le même ordre d'idées Nikiforov (1968) a décrit la diminution de la réaction vasomotrice au froid au niveau de la muqueuse nasale à la suite de l'entraînement par la plongée répétée.

Comme nous avons vu, la pression dans une cabine pressurisée correspond à une altitude entre 2000 et 3000 m s. mer. Par conséquent, le système respiratoire doit supporter certains changements plus ou moins brusques de la pression externe avec ses conséquences sur ses cavité annexes.

L'étude des barotraumatismes des sinus et de l'oreille moyenne a été très poussée pendant l'époque classique — et héroïque — de la médecine aéronautique. De nos jours la pressurisation a bien diminué l'importance de ce chapitre, sans toutefois la supprimer totalement. Le rhinologue est toujours appelé à garantir une fonction parfaite des orifices des sinus et des trompes, sans obstacle ni anatomique, ni fonctionnel. La rhinomanométrie avec mesure de la pression intrasinusale retrouve ici tous ses droits.

Selon toute vraisemblance les catarrhes chroniques des voies respiratoires supérieures s'observent toujours plus fréquemment chez le personnel navigant. Les statistiques quant à la morbidité sinusale des pilotes datent cependant de plus de 10 ans (Brouwer). Pour des raisons anatomiques évidentes le barotraumatisme aigu touche plus fréquemment le sinus frontal que le maxillaire. Ce dernier, vu son mauvais drainage naturel, présente en revanche davantage tendance à la chronicité de son atteinte inflammatoire. Rappelons également, qui, si le baro-

traumatisme de l'oreille moyenne se manifeste généralement à la descente on a décrit un genre de dysfonction tubaire qui se traduit par une voussure tympanique laissant craindre la rupture à la montée, avec retablisement spontané après l'atterrissage (Langraf, 1954).

### 3. LA CABINE SCÉLÉE

A partir d'une altitude de 25.000 m env. la pressurisation devient irréalisable, et la cabine sera scellée, donc autonome.

La composition de l'atmosphère intérieure diffère selon la provenance de l'astronef: en USA les capsules Gemini, Mercury et Apollo contiennent uniquement de l'oxygène à 258 mm Hg (donc env. 1/3 d'atmosphère), tandis que les Russes remplissent leurs Vostok et Voskhod avec un mélange de 20% d'oxygène et 80% d'azote. Les deux systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients que nous ne pouvons pas énumérer ici. Rappelons simplement, que la respiration prolongée d'oxygène pur peut conduire vers une hyperoxie dangereuse. Ce mécanisme nommé aussi intoxication à l'oxygène n'est pas encore totalement éclairci, il s'agit probablement d'une dysfonction d'ordre enzymatique touchant les système hématopoétique et vasculaire en particulier.

Le système des Américains (oxygène pur à 258 mm Hg) ne présente cependant aucun risque pendant les premiers 30 jours du vol, mais devra être modifié en ajoutant un gaz inerte pour les missions plus longues.

Selon Jendryk (1968) la flore microbienne pathologique des cavités nasale et buccale est inhibée par l'oxygène en pression normale et sous-normale.

D'autre part, Laurenzi (1968) a démontré, que la transport du mucus est ralenti dans une atmosphère d'oxygène à 100%.

Enfin dans l'état sans pesanteur la respiration nasale protège davantage que la respiration buccale contre l'aspiration de petits objets flottant par hasard dans la cabine.

Le problème de l'humidité se présente ici d'une façon diamétralement opposée à ce qui se passe dans la cabine pressurisée. S'il y a manque d'eau dans cette dernière, la cabine autonome en a plutôt trop. La vapeur produite sans cesse par les occupants doit être éliminée de l'atmosphère et ceci surtout dans l'intérêt de la thermorégulation physiologique. Cette fonction dépend chez l'homme avant tout de la perspiration insensible et de la transpiration cutanée. Les muqueuses nasale et orale n'y jouent ici qu'un rôle secondaire (contrairement à ce qui se passe chez certains mammifères). Pour ne pas nous éloigner trop de la rhinologie, nous n'insisterons par davantage sur ces problèmes complexes et intéressants.

### 4. LE MASQUE D'OXYGÈNE

La respiration d'oxygène pur par le masque est prévue comme mesure d'urgence en cas de décompression accidentelle. Ces masques très simples donnent un débit continu réglé uniquement par la pression des environs, donc rapidement épuisé. En aviation militaire il faut compter à chaque instant avec une décompression de la cabine par un projectile, et le masque d'oxygène ainsi que le vêtement à

pression se portent pendant toute la durée du vol (le vêtement est d'ailleurs également nécessaire pour garantir une tolérance aux accélérations angulaires et linéaires). Dans ces masques plus compliqués le débit est réglé par un système "à la demande" qui fournit de l'oxygène pur à partir d'environ 10.000 m s.m. Aucune trace de vapeur d'eau ne doit y être présente pour éviter le risque de givrage des soupapes par la transformation en glace à la suite de la décompression rapide.

L'importance d'une respiration nasale parfaite devient capitale sous le masque d'oxygène. Non seulement du fait de la sécheresse totale de l'oxygène, mais également et surtout, parce que la respiration nasale est plus économique et diminue sensiblement l'espace mort d'env. 1 litre par minute. Lorsque dans les altitudes supérieures à 12.000 m la respiration doit s'effectuer sous pression le travail respiratoire est moins grand, donc moins fatigant si l'inspiration se fait par le nez.

##### 5. LE VÊTEMENT SPATIAL INTRA- ET EXTRAVÉHICULAIRE

Par rapport à ses installations respiratoires ce vêtement correspond dans les grandes lignes à ce qui a été dit. Les mêmes problèmes et les mêmes conditions que celles qui règnent dans une cabine pressurisée ou autonome existent et doivent diriger le travail des constructeurs de ces vêtements.

Quelque soit la perfection relative du vêtement spatial, il restera toujours un moyen exceptionnel, qui sera échangé dès que possible contre un milieu plus confortable permettant une existence "en manche de chemise".

La mission du rhinologue dans ce contexte peut être définie comme suit: Donner au personnel navigant une condition des voies respiratoires supérieures telle qu'elle permet d'affronter avec un minimum de risque les exigences poussées à l'extrême durant le vol. Toutes nos connaissances de la physiologie et de la chirurgie fonctionnelle doivent être réunies sans compromis pour arriver à ce but.

Un examen rhinologique approfondi avec rhino-manométrie doit faire partie des épreuves de sélection du personnel navigant. L'attention du médecin qui effectue les contrôles réguliers et réglementaires doit être dirigée vers ces faits, et il ne devrait pas hésiter à faire appel à un spécialiste en cas du moindre problème.

Il m'a donc paru nécessaire de parler aux spécialistes que nous sommes d'un sujet, dont l'importance s'accroît chaque jour.

##### RÉSUMÉ

Pendant le vol atmosphérique ou spatial l'organisme se trouve dans des conditions climatiques particulières (pression, température et humidité). Ces conditions ne sont pas les mêmes dans la cabine ou le cockpit d'un avion de ligne, à l'intérieur d'un vaisseau spatial ou sous le masque d'oxygène d'un avion de combat.

L'auteur essaie de mettre en rapport ces conditions avec la conception moderne de la physiologie nasale et d'en déduire les conséquences en vue d'une prophylaxie individuelle et d'une thérapeutique médicale et chirurgicale fonctionnelle et conservatrice.

## REFERENCES

1. Grandpierre, R., 1949: *Éléments de médecine aéronautique; l'expansion scientifique française. Atmosphère d'aménagement des cabines d'avion.*
2. Hermann, L., 1910: *Physiologie*, Berlin.
3. Karstens, A. J., 1971: *Spacecraft atmospheres*, in Randell H. *Aerospace Medicine* Baltimore.
4. Langraf, F., 1954: *Neuere otopharyngol. Probleme der Fliegermedizin*, *Pract. oto-rhino-laryng.*, 16, 339-345.
5. Langraf, F., 1971: *Neuere Erkenntnisse und Methoden in der Rhinologie*, *Therapeut. Umschau*, 28, 3, 136-141.
6. Laurenzi, G. A., 1968: *Adverse effect of oxygen on tracheal mucous flow*, *New England Jour. of Med.* 279, 1915.
7. Jendryk, M., 1968: *Effect of oxygen breathing on the bacterial flora of the nasal and buccal cavities*, *Lekarz Wojskowy* 44, 175-181.
8. Mac Farland, J., 1953: *Human factors in air transportation*, Mc Graw-Hill, New York.
9. Mac Namara, W., 1969: *Study of the effect of cabin environment on insensible water loss*, *Aerospace Medicine*, 40, 6, 657.
10. Nikiforow, J. N., 1968: *Vascular reflexe reaction of the nose mucosa in divers*, *Voemo-Meditsinskii Zhurnal*, 1, 70-73.
11. Pavlik, J., 1968: *Conditioning of inspired air in the upper respiratory ways*, *Ceskoslowenskà Otolaryngol.*, 17, 288-296.
12. Saibene, F., 1969: *Nasal and oral breathing in hyperventilation due to work*, *Rivista di Med. Aeronaut. e Spaziale*, 32, 329.
13. v. Stramlik, E., 1925: *Handbuch der Physiologie*, Berlin, Springer.
14. Tromp, S. W., 1967: *Effect of simulated high altitude on the temperature and passability of the nose*, *Rhinology*, 5, 92.

Dr. F. Langraf-Favre,  
Talstrasse 41,  
8001 Zürich,  
Switzerland.