

LES PIONNIERS DE LA MÉDECINE DE L'AVIATION AU CANADA : L'INSTITUT DE MÉDECINE DE L'AVIATION DE L'AVIATION ROYALE DU CANADA

par Lydia Dotto

L'Institut de Médecine de L'Aviation de L'Aviation Royale du Canada



Vue aérienne du site de l'Institut de médecine
aéronautique de l'ARC.

Cela fut un travail qui donna un nouveau sens à l'expression « se tuer à l'ouvrage ».

Peu après la Deuxième Guerre mondiale, l'officier spécialisé en sciences biologiques Roy Stubbs et ses collègues de l'Institut de médecine de l'aviation de l'Aviation royale du Canada (ARC) tentaient d'améliorer le concept des casques protecteurs des pilotes et un de leurs objectifs était de déterminer les forces G nécessaires pour provoquer l'évanouissement.

« Personne n'était au courant », de dire M. Stubbs, qui dirigea le Centre de médecine des

équipages d'aéronefs de l'Institut de médecine de l'aviation de 1958 à 1963. « Alors, nous avons fixé des accéléromètres à notre tête et nous nous frappions la tête contre des plaques d'acier. »

Le raisonnement qui justifiait cette apparente folie était le désir de concevoir des casques protecteurs qui offriraient une protection maximale, avec un poids minimal. Ils voulaient connaître le degré de solidité précis qui était nécessaire pour ces casques et « le seul moyen que nous avons trouvé », c'était de nous frapper la tête contre un mur », d'ajouter M. Stubbs.

Il croit qu'ils ont atteint une force G de niveau 10 (dix fois la force exercée par la gravité de la Terre). « Un médecin était présent – bien qu'il n'aurait pu faire grand-chose après coup. Nous devenions parfois un peu étourdis, mais deux ou trois bières après coup suffisaient à nous remettre en place. »

Son officier commandant, cependant, n'avait pas un tempérament aussi sanguin. Stubbs raconte qu'un jour qu'il passait par là, il les avait vus à l'œuvre et leur demanda : « Mais que diable faites-vous donc là? ». Puis, il ajouta : « Je ne veux plus que vous fassiez ce genre de choses ».

Stubbs appartient à un genre très spécial de chercheurs qui furent les pionniers de la médecine de l'aviation non seulement au Canada, mais dans le monde entier.

Stimulés par l'urgence que présentaient la Deuxième Guerre mondiale et l'arrivée de nouveaux avions pouvant voler plus haut et plus vite, ils franchirent de nouvelles bannières en étudiant les effets produits sur le corps humain par la haute altitude, les basses pressions et les fortes accélérations.

Ces premiers chercheurs ont souvent dû servir de cobaye à leurs propres essais et subir parfois les blessures graves que cela comportait. Stubbs, par exemple, s'est fracturé le cou en faisant l'essai de sièges éjectables. « À l'époque, il n'y avait aucun règlement régissant l'expérimentation sur les humains – nous faisons ce que nous voulions », affirmait-il. « C'était une époque où nous tentions d'apprendre comment faire les choses. » Lui-même ancien pilote de

l'ARC, il disait que ce qui le comblait le plus, « c'était lorsque des gars qui s'étaient fait éjecter [de leur avion] venaient nous voir pour nous remercier ».

« L'ai eu une merveilleuse carrière », ajoute Douglas Soper, un ancien navigateur de l'ARC qui était également un officier spécialisé en sciences biologiques à l'Institut de médecine de l'aviation. « Peu de gens peuvent se vanter d'avoir vécu une telle expérience. Cela a représenté, pour nous, une œuvre de grande utilité. Nous nous sentions très près de l'équipage. En fait, notre travail c'était de protéger l'équipage. Ils nous voyaient comme des membres de l'équipe. »

Dans les faits, ces hommes font également partie de l'équipe qui comprend aujourd'hui les astronautes et les cosmonautes. Le travail qu'ils ont accompli sur les vêtements anti-G, les combinaisons pressurisées, les casques protecteurs et les masques à oxygène, les sièges éjectables, le mal de décompression et le mal des transports s'appliquent au vol dans l'espace, et leurs recherches ont jeté les bases solides sur lesquelles repose le programme actuel de médecine spatiale opérationnelle.

La Deuxième Guerre lance la médecine de l'aviation au Canada

Au Canada, tout a commencé avec un homme – une figure de proue que les Canadiens reconnaissent instantanément, mais pas généralement dans le contexte de la médecine de l'aviation. Le lauréat du prix Nobel Sir Frederick Banting, codécouvreur de l'insuline, dirigeait l'Institut de recherche médicale Banting and Best de l'Université de Toronto. Durant ces années, la menace d'une guerre en Europe planait de plus en plus. Au terme de la conférence de Munich en 1938 et contrairement à bien des gens, M. Banting ne partageait pas le faux espoir de voir « la paix en notre temps ».

Il avait une mission à long terme, relate un article paru dans l'édition de novembre 1946 du *Journal of the Canadian Medical Services (JCMS)*. « Il réalisait que la guerre était inévitable. Sans délai, il... a demandé à son personnel composé de brillants chercheurs scientifiques de se familiariser avec les problèmes liés à la médecine de l'aviation de guerre. Ainsi, en cas de guerre, les scientifiques canadiens seraient pas pris de court et prêts à venir en aide immédiatement à leur pays. »

Selon Peter Allen, un ancien pilote de ligne qui a rédigé un article sur les premières années de la médecine de l'aviation au Canada pour le *Canadian Aviation Historical Society Journal (CAHS)*, l'engagement de Banting est dû en grande partie au major A. A. James, du Corps de santé royal canadien, qui avait étudié pendant un an la situation en la médecine de l'aviation dans d'autres pays. « Prenant conscience que tous les pays, à part l'Allemagne, n'étaient pas préparés à appuyer leurs équipages d'aéronefs au cours de la guerre qui s'annonçait, M. James était déterminé à faire changer la situation au Canada. » Il persuada Banting de l'importance d'avoir un programme de recherche, étant donné que les avions de cette période avaient dépassé les capacités physiques de leurs équipages.



Sir Frederick Banting, récipiendaire du Prix Nobel.



Banting comprit immédiatement que la capacité de voler à haute altitude donnerait aux équipages alliés un avantage tactique en cas de guerre. Pour cette raison, il entreprit une campagne de financement et rattacha son équipe de recherche à M. James afin de se concentrer sur les problèmes médicaux les plus urgents. Le résultat, affirmait M. Allen, fut la création au Canada « du plus important programme de recherche au monde conçu essentiellement pour protéger les pilotes et les équipages qui se préparaient à s'engager dans les batailles aériennes les plus meurtrières dans le ciel européen ».

Au début, l'équipe de M. Banting travaillait sur place à l'université, mais on constata rapidement qu'il fallait se doter d'installations privées si l'on voulait effectuer des recherches à caractère secret. Grâce à une subvention du gouvernement fédéral, ils firent l'acquisition du Eglinton Hunt Club situé près du centre-ville de Toronto en 1939. Connue tout d'abord sous le nom de *No. 1 Clinical Investigation Unit* et, plus tard, comme l'Institut de médecine de l'aviation de l'ARC, il s'agissait d'un centre ultrasecret exploité sous le couvert d'une unité d'évaluation des équipages d'aéronefs.

Un des collègues de M. Banting à l'Université de Toronto, Wilbur Franks, effectuait des recherches sur le cancer avant la guerre et sa contribution potentielle à la médecine de l'aviation ne semblait pas évidente, jusqu'à ce qu'il entende M. James expliquer que les pilotes de chasse s'évanouissaient lors de manœuvres à haute vitesse, notamment lors de redressements de vols en piqué et de changements de directions brusques durant les combats aériens.

Ces mouvements exerçaient une grande force centrifuge sur les pilotes, ce qui provoquait une accumulation de sang dans la partie inférieure de leur corps et empêchait le cœur de bien pomper le sang vers le cerveau. Privés d'oxygène (un trouble médical appelé hypoxie ou anoxie), les pilotes commençaient par perdre la vue, puis s'évanouissaient. Les forces armées jugeaient qu'il s'agissait là d'un des problèmes les plus pressants qui affectaient la performance des pilotes. M. James informa les scientifiques de l'Institut de médecine de l'aviation qu'on gagnerait un avantage tactique énorme si on réussissait à accroître la tolérance aux forces G des pilotes des forces alliées.

Si les pilotes perdaient connaissance, c'était à cause de l'augmentation des forces G créées par les variations de vitesse ou de direction. Une force de 1 G équivaut à la force exercée par la gravité terrestre, qui se mesure par le poids. Ainsi, des objets qui sont assujettis à 3 G pèsent trois fois leur poids normal. À une force G de niveau 7, le sang a un poids équivalent à celui du fer. Il n'est donc pas surprenant que le cœur ait des difficultés à pomper le sang pour l'amener des extrémités vers le cerveau. Dans les virages brusques, les avions de chasse utilisés durant la guerre, comme les Spitfire et les Messerschmitt 109, pouvaient soumettre les pilotes à une force de plus de 7 G.

La situation inverse se produit en présence d'une force G négative ou en état d'apesanteur, alors que les liquides organiques tendent à s'accumuler dans la tête plutôt que dans les jambes, ce qui cause le gonflement et la congestion. Les astronautes disent qu'ils ont le « visage boursoufflé et des pattes d'oiseau » pour décrire cet état. Cependant, dans les années 1940, il s'agissait là d'un enjeu important pour l'avenir. L'article paru dans le *JCMS* indiquait qu'« aucun problème tactique de protection en présence d'une force G négative ne s'est produit durant la guerre. »

Ce qui souleva l'intérêt du docteur Franks, c'était le fait que les problèmes des pilotes étaient causés par les forces centrifuges. Il savait tout des centrifugeuses et des dommages qu'elles pouvaient causer. Il les avait utilisées pour centrifuger des éprouvettes lors de ses recherches sur le cancer et, pour éviter de perdre ses tubes qui éclataient sous l'effet de la force g, il avait décidé de les faire flotter dans l'eau de façon à créer une pression de contrepoids

permettant d'annuler la force centrifuge. Comme cela semblait fonctionner, il s'est alors demandé si cela pouvait aussi marcher avec les humains.

Le principe était que l'eau – qui, comme le sang, devient plus lourd sous l'effet des forces G – exerçait suffisamment de pression contre les tissus dans le bas du corps pour prévenir l'accumulation du sang dans les veines des mollets, des cuisses et de l'abdomen, favorisant ainsi le retour du sang vers le cœur de façon presque normale. Cette pression soutient également les artères qui propulsent le sang provenant du cœur. Les deux effets améliorent la capacité du cœur de pomper le sang vers les yeux et le cerveau, même sous l'effet d'accumulations croissantes de la force g.

Le docteur Franks réalisa d'abord ses essais sur des souris, leur fabriquant, de minuscules vêtements anti-G remplis d'eau avec des condoms Cela fonctionna à merveille. Chose incroyable, les souris avaient toléré des forces allant jusqu'à 240 G sans subir aucun effet négatif. L'étape suivante consistait à mettre au point un vêtement destiné aux humains.

Emballé par les possibilités qu'offrait ce concept pour les pilotes de chasse, Banting se mit en quête de fonds pour développer l'invention du docteur Franks, à un moment où bon nombre de responsables gouvernementaux ne croyaient pas comme lui à l'imminence d'une guerre. En fait, une grande partie de la mise de fonds initiale – une somme impressionnante de 5 000 dollars – fut recueillie grâce à un don personnel d'un citoyen, Harry McLean, un homme d'affaires riche et original, qui était connu pour être philanthrope.

Le vêtement antigravité et la centrifugeuse humaine



M. Wilbur Franks à bord d'un avion pendant un essai de résistance à la force G.

Les fonds fournis par M. McLean permirent à Wilbur Franks d'acheter les fournitures et d'embaucher un tailleur pour fabriquer le premier vêtement anti-G, qui fut cousu secrètement sur une vieille machine à coudre dans le bureau du docteur Franks. En mai 1940, Franks enfilait cette première version de son *Franks Flying Suit* et montait à bord d'un avion Fleet Finch à Camp Borden. C'était la première fois qu'il prenait l'avion – et il allait être initié en plus aux acrobaties à haute vitesse. Lui et son pilote ont subi des forces d'environ 7 G lors d'un redressement effectué à la suite d'un brusque piqué. Le pilote s'était temporairement évanoui. Mais le docteur Franks, lui, n'avait pas perdu conscience.

Bien qu'enchanté par le succès du concept, le docteur Franks n'avait pas trouvé l'expérience très confortable. Le vêtement, qui était taillé sur des mesures qui avaient été prises

en position debout, ne convenait plus dans l'avion, quand on se retrouvait en position assise. « Quand la pression a monté, je croyais que j'allais être coupé en deux », a-t-il confié plus tard.

Les essais ont permis au docteur Franks de réaliser qu'il n'était pas nécessaire de couvrir le corps entier, mais uniquement les zones essentielles de la partie inférieure du corps. Il modifia rapidement le vêtement et, un mois plus tard, il le fit endosser à un pilote de l'ARC, D'Arcy Greig, qui avait piloté un Spitfire de l'Angleterre au Canada afin d'effectuer des essais à l'aéroport Malton de Toronto. Ce pilote allait être le premier de l'histoire à porter un véritable vêtement anti-G durant un vol.

Dans son rapport secret, le pilote Greig indiqua que, durant les trente premières minutes de l'essai, il subit des forces de presque 7 G sans jamais perdre conscience. Il ajouta que le vêtement était « quelque peu inconfortable », mais qu'il n'entravait pas la conduite de l'avion. À la suite d'un autre essai d'une durée de 45 minutes qui se déroula deux jours plus tard, le pilote signala que le Spitfire « a été soumis à des manœuvres à haute vitesse, de façon pratiquement ininterrompue. » Il évalua que les forces G maximales avaient dépassé le niveau 8. Un piqué avait produit des accélérations qui dépassaient les limites de l'accéléromètre de l'avion. De nouveau, il ne perdit jamais conscience. Cependant, il indiqua ressentir « une grande lourdeur aux jambes et aux pieds » à la fin du vol. Un troisième vol d'essai de 55 minutes fut exécuté le jour suivant, au cours duquel le pilote rapporta s'être évanoui pendant un court instant.

Le pilote Greig a conclu que le concept était solide mais que le vêtement lui-même ne constituait pas une « proposition pratique. Cependant, les résultats obtenus ont été tellement convaincants, qu'une mise au point plus poussée est fortement recommandée... ».

L'article de M. Allen paru dans le *CAHS Journal* signale que, durant les essais, Greig avait réussi « à mettre la patience du docteur Franks à lourde épreuve ». Franks savait que le vêtement réduisait l'impression de fusion qui existait entre le pilote et l'avion et qu'il était possible que l'avion soit poussé au-delà de ses capacités. Au cours d'un essai, Greig avait disparu du champ de vision des spectateurs au sol et n'est revenu qu'au bout d'une demi-heure. Le docteur Franks était alors sur le point d'appeler les véhicules d'intervention. Quand le docteur Franks a demandé à Greig ce qui s'était passé, ce dernier a répondu tout bonnement qu'il était allé présenter un spectacle aérien avec son Spitfire pour un de ses amis qui assistait à une réception en plein air au bord d'un lac près d'Oshawa ».



Une des premières photos de l'avion Spitfire.

Franks et Banting conclurent rapidement que ces essais ne constituaient pas la solution idéale. Non seulement les essais en vol étaient-ils potentiellement dangereux et sujets aux aléas des conditions atmosphériques imprévisibles, mais ils ne constituaient pas l'environnement contrôlé précisément dont avait besoin le docteur Franks pour comprendre et améliorer sa



création. Étant donné que la mise au point du vêtement antigravité constituait toujours une priorité ultrasecrète, ces vols représentaient également un risque pour la sécurité. Il était difficile de dissimuler ce genre d'essais.

Cette décision mena à la mise au point d'une centrifugeuse humaine, le premier dispositif de ce genre à être construit par les forces alliées. Les Allemands avaient construit une version réduite et moins évoluée avant la guerre mais le dispositif du docteur Franks fut le seul à réussir à reproduire les effets de l'accélération d'un avion sur le corps humain.

Grâce à une subvention de 25 000 dollars du Conseil national de recherche, une centrifugeuse fut construite à l'Unité d'investigation clinique et fut mise en fonction au milieu de 1941. C'était un projet très secret, mais il y avait des rumeurs de son existence à l'extérieur des murs de l'unité. Propulsé par un moteur de tramway de 200 chevaux, le dispositif s'alimentait sur les lignes électriques de la ville et, chaque fois que l'appareil était mis en marche, le service de tramways s'interrompait dans le voisinage.

La centrifugeuse était constituée d'une cabine sphérique suspendue à un bras horizontal fixé à un arbre vertical. Le moteur faisait tourner l'arbre central, et la cabine basculait vers l'extérieur sur des charnières mobiles jusqu'à une position quasi horizontale. Les personnes soumises à des essais étaient assises à l'intérieur de la cabine dans un siège semblable à celui d'un avion. Ce siège était suspendu indépendamment de la cabine, ce qui permettait de positionner le sujet à différents angles à l'intérieur de la cabine, même en position inversée pour produire les forces G négatives, une caractéristique jugée unique.

Les sujets étaient surveillés par un observateur qui transmettait des signaux dans la cabine en allumant des lumières et en actionnant un avertisseur sonore. Le sujet réagissait en interrompant les signaux. Si les lumières restaient allumées, cela indiquait que le sujet ne pouvait plus voir. Cependant, le sujet était toujours conscient et pouvait réagir à l'avertisseur sonore. Si l'avertisseur sonore continuait de sonner, cela indiquait que le sujet s'était évanoui.

Les sujets étaient également surveillés à l'aide d'électrocardiographes, d'électroencéphalographes et d'un dispositif photoélectrique fixé au lobe de l'oreille qui mesurait le flux sanguin vers la tête. Ce dernier instrument permit de confirmer que le volume de sang affluant vers le cerveau était considérablement réduit lorsque le sujet était soumis à des forces G élevées.

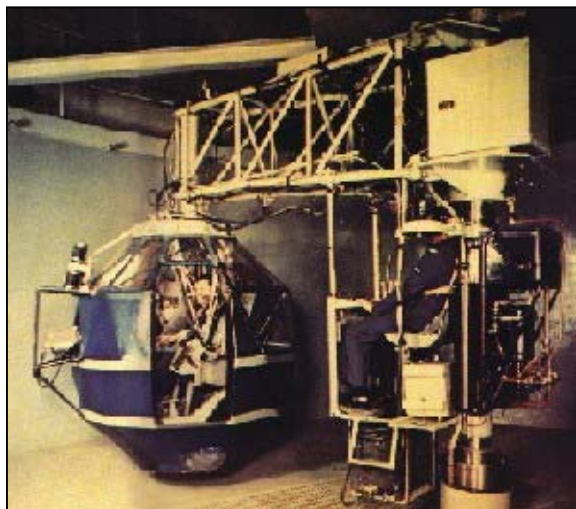
Les essais ont donné lieu aux conclusions suivantes :

- durant un cycle normal de cinq secondes dans la centrifugeuse, la personne moyenne subit le syndrome du « voile gris » à 4 G, celui du voile noir à 5 G, et s'évanouit à 6 G;
- la tolérance à la force G ne s'est pas accrue même si les sujets faisaient plusieurs essais de centrifugeuse chaque jour;
- le seuil où les sujets perdaient connaissance ne présentait aucun lien direct avec l'âge, le poids, les mensurations ou avec la pression artérielle et le pouls au repos.

La centrifugeuse fut, en fait, utilisée pour évaluer les humains autant que les vêtements anti-G. L'article du *JCMS* précisait que « plusieurs recrues d'équipage aérien chez qui on croyait déceler une très faible tolérance aux forces G ont été affectées à cette unité durant la guerre à des fins d'essai. Par conséquent, les recrues qui démontraient une tolérance anormalement faible aux forces G... ont pu être identifiées et retirées de la formation au pilotage avant d'éprouver des difficultés. »

Les essais avec la centrifugeuse permirent au docteur Franks de concevoir le premier vêtement anti-G vraiment opérationnel. Le vêtement était constitué d'une poche pneumatique recouverte d'un tissu non extensible dirigeant toute la pression produite par la poche vers l'intérieur, contre le corps. Et d'ajouter l'article du *JCMS* : « Tout comme le sang s'alourdissait sous l'effet de la gravité, de même l'eau dans le vêtement s'alourdissait et exerçait une pression contre les tissus avec une force suffisante pour empêcher l'accumulation du sang et supporter les artères ».

Bien qu'on aurait pu remplir le sac avec de l'air plutôt qu'avec de l'eau, le vêtement rempli d'eau possédait un autre avantage – une fois rempli, il s'activait dès qu'il était mis en présence des forces G. Un vêtement rempli d'air, par contre, nécessitait la pose de raccords à l'avion ainsi qu'une source d'air comprimé à pomper dans la poche au cours du vol. Au début de la guerre, les avions n'avaient pas de puissance de réserve, selon Peter Allen. « Comme les avions avaient besoin de toute leur puissance pour gagner de l'altitude, ils n'avaient aucune puissance de réserve pour faire fonctionner une génératrice. » Il affirmait que le génie du concept du docteur Franks était son autonomie complète, exactement ce qui s'imposait au moment où il avait commencé à travailler à la solution du problème.



Une des premières centrifugeuses à l'œuvre.

La combinaison *Franks Flying Suit Mark III* a été utilisée au combat pour la première fois en novembre 1942, par l'aéronavale de la Royal Navy Fleet, qui assurait la couverture aérienne de l'invasion d'Eisenhower en Afrique du Nord à Oran, au Maroc. Des pilotes qui portaient le vêtement indiquèrent que celui-ci les avait considérablement aidés à manœuvrer dans les airs et à conserver une supériorité sur les avions ennemis, sans qu'ils tombent en anopsie.

L'un d'eux a affirmé qu'après avoir été attaqué par un avion ennemi, il avait « immédiatement exécuté un virage abrupt et un retour serré, provoquant des vrilles chez l'avion ennemi. Ce dernier a réussi à reprendre le contrôle à 50 pieds du sol et... a tenté d'atterrir, sans doute très secoué par son expérience ». Et un autre de commenter : « J'ai atteint un avion de combat ennemi. Je l'ai vu plonger et je m'attendais à le voir s'écraser. Mais il s'est remis en position, en volant très bas.... J'ai donc piqué vers lui verticalement et je l'ai atteint de nouveau. Après cela, j'ai dû remonter brusquement afin de ne pas m'écraser au sol. Je n'ai pas perdu conscience et j'avais une entière confiance dans la combinaison ».

Les pilotes de la Royal Navy, selon Allen, ont particulièrement apprécié la réserve d'eau d'une semaine que se trouvait à bord « en cas d'amerrissage ou d'atterrissage forcé dans le désert ».

La RAF avait recommandé de porter la combinaison lors des combats, affirmant que les pilotes britanniques auraient ainsi un avantage stratégique par rapport aux avions ennemis. Les pilotes eux-mêmes étaient ravis de porter le vêtement et souhaitaient le mettre pour les opérations aériennes, mais la RAF avait décidé d'en limiter l'utilisation, malgré une accumulation de stocks se chiffrant à plus de 8000 unités, afin de garder le dispositif secret jusqu'à ce qu'il puisse être utilisé à meilleur escient lors de l'invasion de l'Europe, connue sous

le nom de code OVERLORD. On ne voulait pas risquer que le dispositif tombe trop tôt dans les mains de l'ennemi et perdre ainsi cet avantage.

De plus, au moment où le vêtement avait été produit en masse, la nature de la guerre avait changé. Plutôt que de s'engager dans des combats aériens, les pilotes d'avions de combat avaient plus de chances d'accompagner des bombardiers sur de longs trajets, une situation se prêtant mal au port de vêtements remplis d'eau, lourds et inconfortables.

« Lors des missions de bombardement lointaines, les vols duraient de six à huit heures », selon Allen. « Les équipages étaient réfractaires au port de la combinaison. Il y avait d'abord le problème de la température – comment maintenir la combinaison chaude? Elle était lourde à cause de l'eau. Et elle était inconfortable à cause de sa masse d'eau. Il fallait régler à la fois un problème de chaleur, de poids et de confort. »



Photos des vêtements anti-G Mark VI (à gauche) et Mark VII, deux des modèles les plus récents.

C'est à cette époque que les avions à réaction ont fait leur apparition et ils avaient suffisamment de puissance pour pomper de l'air dans les vêtements anti-G des pilotes. Les versions plus récentes de la combinaison de Franks ont en fait utilisé des sacs remplis d'air. Ces versions étaient plus légères et plus confortables que les vêtements remplis d'eau, mais elles étaient également plus complexes et exigeaient des raccords avec l'avion et des soupapes pour régulariser le débit d'air. Ces soupapes comportaient un poids monté sur ressorts qui laissait passer l'air dans le vêtement seulement quand les forces G dépassaient le niveau 2. Les pilotes volaient donc avec un vêtement qui se gonflait uniquement quand cela devenait nécessaire.

Bien que le vêtement original du docteur Franks n'ait pas été autant utilisé qu'il l'aurait souhaité, son concept a été le précurseur des vêtements anti-G qui allaient être ultérieurement portés non seulement par les pilotes, mais également par les astronautes. Allen a souligné que les Canadiens ont partagé leurs découvertes avec des chercheurs aux États-Unis, en Grande-Bretagne et en Australie. « Le problème de l'accélération avait fait l'objet de travaux, mais n'avait pas été résolu. On effectuait de nombreuses recherches pour tenter de le maîtriser, mais

rien ne semblait fonctionner. Le vêtement de Franks a été le premier à donner des résultats. Une fois que la découverte du docteur Franks fut mise à la disposition de tout le monde, tous se sont mis de la partie; mais c'était bien uniquement grâce à la découverte du docteur Franks qu'ils pouvaient être dans le coup. »

Le docteur Franks a également été, selon Allen, un pionnier de l'utilisation de la centrifugeuse humaine dans la recherche sur l'accélération. Allen avait interviewé un des scientifiques allemands qui étaient venus aux États-Unis pour travailler dans le programme spatial après la guerre. « Selon lui, le docteur Franks avait fait deux grandes contributions : le concept de la combinaison et la création de la première combinaison fonctionnelle, ainsi que la création de la centrifugeuse conçue pour effectuer des recherches sur l'accélération. Pour lui, ces percées ne faisaient aucun doute. » Ce scientifique lui a confirmé que la centrifugeuse allemande mise au point avant la guerre n'était « pas une véritable centrifugeuse humaine » et qu'elle n'était d'aucune utilité pour la recherche sur les effets de l'accélération.

Charles Bryan fut un médecin qui participa aux études du docteur Franks sur les centrifugeuses dans les années 1950 et 1960. Sa recherche était centrée sur les effets de l'accélération sur le poumon. Il a découvert que les alvéoles – ces petites cavités au fond des poumons où l'oxygène est effectivement transféré des poumons vers le sang – devenaient très comprimées. C'est pourquoi le sujet subissait un manque d'oxygène, car « le fond du poumon s'affaisse et devient presque totalement dépourvu d'air ».

L'importance du vêtement anti-G, selon Allen, est aussi grande aujourd'hui qu'elle l'était il y a 60 ans. « Avec la dernière génération d'avions de combat, les forces G sont devenues un problème très sérieux car elles sont très élevées à bord de ces appareils. Ces avions esquivent les missiles et piquent vers le haut ou vers le bas en effectuant constamment des virages. Les forces G sont de nouveau un sujet à la mode et sont aussi importantes qu'elles l'étaient lors de la dernière guerre. »

Banting, de son côté, n'a pas vécu assez longtemps pour voir le succès de l'invention qu'il avait parrainée. Il est mort en février 1941, lorsque l'avion qu'il pilotait s'est écrasé aux abords d'un lac gelé à Terre-Neuve, durant une tempête de neige. Deux des quatre personnes à bord furent tuées sur le coup alors que Banting et le pilote, Joseph Mackey, furent grièvement blessés. Mackey réussit à quitter l'avion pour chercher de l'aide. Banting, toutefois, ne survécut pas à ses blessures et Mackey constata son décès à son retour.

Banting se dirigeait vers l'Angleterre pour obtenir le soutien de l'armée britannique afin de poursuivre la mise au point de la combinaison anti-G *Franks Flying Suit*. On a dit qu'il transportait une copie de la combinaison avec lui dans l'avion. « Il pourrait s'agir d'un mythe, mais c'est ce que la rumeur disait », a indiqué Bryan. « Le moment était absolument opportun. Franks venait de produire un vêtement et il était logique de le proposer aux Britanniques à ce moment-là. »

L'objet du voyage de Banting ne devait pas être rendu public. Un article de journal mentionnait que Banting était en mission médicale « secrète » et citait un représentant officiel du Conseil national de recherche qui disait que : « au moment opportun, lorsque sa contribution pourra être évaluée à sa juste valeur, il sera clair que personne n'aura fait autant pour notre cause ».

Dans son rapport, Allen indiqua que des « milliers de pilotes alliés ne réaliseront sans doute jamais à quel point Banting a contribué à accroître leurs chances de survie dans le ciel d'Europe et d'Asie. Il est incroyablement ironique que le dernier grand champ de recherche de ce scientifique ait pu mettre en cause l'instrument de son décès prématuré. »

M. Allen a qualifié d'unique les premiers travaux du Canada en médecine de l'aviation, les comparant au programme américain Apollo : « Jamais auparavant n'avait-on consacré autant de scientifiques à un projet de recherche d'une telle ampleur. Jamais auparavant n'avait-on accompli autant en si peu de temps. Ce n'est que plusieurs années plus tard, quand le projet Apollo a été élaboré à partir du programme américain *Manned Space Program*, qu'un autre pays se consacrerait à des recherches de l'envergure de celles de Sir Frederick Banting en médecine spatiale ».

Combinaisons pressurisées

La combinaison anti-G prenait en compte un seul des problèmes physiologiques affectant les pilotes d'avions ultraperformants. Comme ces appareils atteignaient des altitudes de plus en plus élevées, les équipages devaient être protégés des chutes de pression atmosphérique en altitude. Les premiers avions militaires n'étaient pas pressurisés et ne pouvaient atteindre qu'une certaine altitude sans mettre l'équipage en danger. Les avions qui étaient pressurisés pour maintenir un niveau de pression interne sécuritaire pouvaient voler beaucoup plus haut – mais les équipages étaient toujours à risque en cas de perte de pression soudaine (appelée décompression explosive) ou en cas d'abandon de bord à haute altitude.

Il existe deux types de combinaisons pressurisées : les combinaisons partielles et les combinaisons complètes. Les premières ne recouvrent pas le corps en entier et comprennent des tubes gonflables qui exercent une pression sur les zones du thorax, ainsi que sur les bras et les jambes. Au-dessus de 50 000 pieds, les pilotes ont besoin d'une combinaison pressurisée complète étanche équipée d'un système inhalateur d'oxygène. Ces vêtements préviennent plusieurs problèmes physiologiques associés aux vols en altitude, notamment :

- l'hypoxie : diminution de l'oxygène dans le sang causée par une baisse de la pression atmosphérique. L'hypoxie peut affecter la vision, causer des étourdissements et réduire la coordination musculaire. Privés d'oxygène, les pilotes peuvent perdre connaissance moins d'une minute après avoir été exposés à des basses pressions en altitude.
- le mal de décompression : douleurs articulaires causées par les bulles d'azote provenant du sang et des tissus par suite d'une diminution rapide de la pression atmosphérique. Les cas graves peuvent entraîner la mort.
- La ligne Armstrong : altitude (environ 60 000 pieds) à laquelle l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux (ébullition) à la température du corps. L'exposition à des altitudes plus élevées peut causer la perte de conscience et la mort en quelques secondes.

Après avoir obtenu un diplôme en mathématique et en physique de la University of

Western Ontario, Stubbs a travaillé dans les années 1950 à la mise au point de combinaisons pressurisées destinées aux pilotes de nouveaux avions de combat comme l'Avro CF-100 Canuck et ce qui allait devenir le controversé Avro Arrow,



Photo d'un des premiers modèles de vêtement anti-G.

qui étaient tous deux en développement. Ces avions ne nécessitaient pas l'utilisation de combinaisons complètes de pressurisation parce qu'ils étaient utilisés pour des missions d'assez courte durée, contrairement aux bombardiers qui exécutaient des missions de plusieurs heures. Ce qu'il fallait, selon M. Stubbs, c'était une combinaison « de descente » capable de protéger le pilote qui se retrouvait en situation de décompression explosive lorsqu'il ramenait l'appareil à une altitude moins élevée. « Les avions de combat ou d'interception fonctionnent ordinairement près de leur base, contrairement aux bombardiers. Les combinaisons permettent ainsi de descendre en toute sécurité vers la base, même s'il y a une perte de pression dans la cabine », d'ajouter Stubbs. (Les bombardiers, dont la portée était beaucoup plus large, ne pouvaient pas simplement descendre vers une altitude plus sécuritaire parce que cela risquait d'accroître la consommation de carburant, rendant encore plus difficile le retour à la base.)

Dans les avions de combat, il suffisait de porter une combinaison pressurisée et un vêtement anti-G pouvant être gonflés séparément en cas de perte de pression ou de gain des forces G de l'appareil. Pour ce faire, Stubbs avait développé une soupape pression-gravité adaptée à la combinaison pressurisée et reliée au vêtement anti-G. Si le pilote était soumis à des forces G, seule la combinaison anti-G se gonflait. Si la pression de la cabine descendait, la combinaison anti-G et le vêtement de pressurisation se gonflaient tous deux et un masque d'oxygène sous pression était activé.

Selon Stubbs, le développement de la combinaison de pressurisation partielle fut l'une des grandes raisons qui ont motivé le nouveau concept de la combinaison anti-G Franks, à savoir l'utilisation de l'air plutôt que de l'eau. Mais les deux étaient nécessaires pour l'Arrow, qui était en cours de développement à l'époque. Les scientifiques de l'Institut de médecine de l'aviation et les organismes qui ont succédé « ont étroitement collaboré à la mise au point d'équipement pour l'appareil. Nous avons fourni ces combinaisons aux pilotes d'essai du Arrow pour les protéger lors des vols. »



M. Soper pendant l'une de ses expériences avec le vêtement anti-G

Comme la combinaison anti-G ainsi que le vêtement pressurisé étaient fabriqués en caoutchouc, les équipages portant les vêtements couraient le risque de subir un stress thermique durant le vol. « Le corps perd beaucoup de chaleur par refroidissement par évaporation. Si vous mettez un vêtement imperméable, vous ne pouvez pas perdre de la chaleur par évaporation de l'humidité », déclarait Douglas Soper, qui travailla à la conception et à l'essai d'un système de ventilation pour la combinaison.

L'excès de chaleur résultait non seulement du métabolisme et des efforts du pilote, mais également du réchauffement aérodynamique de la surface de l'appareil qui, par rayonnement, se manifestait aussi dans la cabine. (Les astronautes devaient affronter le même phénomène lors de la rentrée dans l'atmosphère terrestre, d'où la présence de tuiles résistantes à la chaleur sous la navette.)

Une des options pour aérer les vêtements était de créer un vêtement parsemé de petits tubes remplis d'eau de refroidissement, un concept utilisé aujourd'hui pour les vêtements utilisés par les astronautes durant leurs sorties dans l'espace. Cependant, à l'époque de Soper, le concept avait été jugé trop complexe et on l'avait remplacé par un système qui puisait l'air dans le circuit



de conditionnement de l'avion. Cela occasionna une partie de bras de fer avec les ingénieurs responsables du système de refroidissement du Arrow.

L'Arrow « était un appareil très exigeant à plusieurs égards », selon M. Soper. « Nous n'en étions pas à la technologie évoluée d'aujourd'hui. Nous utilisions ces anciennes lampes de radio qui, non seulement consommaient beaucoup d'énergie, mais produisaient énormément de chaleur. Chaque fois que je croyais avoir assez d'air dans le circuit de conditionnement [pour la ventilation du vêtement], les électroniciens avaient toujours besoin de refroidir davantage la baie des composants électroniques et prenaient ainsi l'air destiné au poste de pilotage et à ses occupants. C'était devenu une bataille chaque fois. »

Après avoir fait l'essai du vêtement ventilé dans un simulateur de l'avion fabriqué en bois équipé de lampes chauffantes pour simuler les conditions de chaleur élevée, Soper était prêt à faire un essai dans l'Arrow lui-même. L'essai n'a jamais eu lieu. « Le projet a été annulé le jour même où je devais voler à bord du Arrow », a-t-il déclaré.

Comme tous ceux qui avaient collaboré au projet, il fut renversé et déçu par la nouvelle. Cependant, il n'a pas eu beaucoup de temps pour broyer du noir car il devait se rendre au Royal Air Force Institute of Aviation Medicine situé à Farnborough, en Angleterre, afin de poursuivre ses travaux sur les vêtements refroidis à l'air. « Les Britanniques étaient très intéressés parce que nous avions fait avec l'Arrow et ils m'avaient posé des questions là-dessus. Ils étaient en train de construire le TRS-2, un gros avion de combat qui possédait de nombreuses caractéristiques semblables. Ils étaient particulièrement intéressés par le concept des sorties de conditionnement d'air de la cabine. Étant donné que de grandes quantités d'air sont évacuées par un orifice, un puissant sifflement en résulte. Et ils avaient de la difficulté à régler ce problème. »

En 1959, Soper se rendit à Farnborough afin de participer pendant plus de deux ans à divers projets de recherche. Son intérêt à l'égard de la perte de chaleur par le corps l'avait amené à étudier des choses assez intéressantes. Par exemple, il avait analysé le travail des fileyeurs de poissons qui découpaient les morues sur les quais. Les poissons étaient conservés dans la glace et les fileyeurs devaient continuellement plonger leurs mains dans l'eau de mer glacée. « C'était des travailleurs très habiles. Ils découpaient les filets avec des couteaux aux lames aiguisées comme des rasoirs – c'était comme effectuer une chirurgie complexe avec les mains gelées. Ils avaient les doigts si gelés que s'ils manquaient leur coup et se coupaient à la main, ils ne s'en apercevaient que lorsqu'ils voyaient le sang couler. Je me demandais comment ils pouvaient bien faire cela. »

Plusieurs personnes tentaient de faire ce travail parce que la paie était bonne. Mais la plupart abandonnaient vite parce qu'ils ne pouvaient pas endurer le froid. « Certains pouvaient résister un jour. D'autres, une semaine. Mais certains parvenaient à le faire tout le temps », selon M. Soper. « Il s'agissait d'un type unique de personnes qui avaient un flux sanguin particulier au niveau des mains. »

À l'autre extrémité de l'échelle de température, Soper s'est exposé à des conditions intenses afin d'analyser les mécanismes de perte de chaleur par le corps humain et les conditions qui induisent le stress thermique. « Nous avons essayé de comprendre ce qui se passait dans une cabine quand les personnes étaient soumises à des conditions de surchauffe, précise-t-il. Le stress thermique peut causer rapidement la mort. » Il se souvint de l'histoire des deux pilotes américains qui effectuaient un long trajet au-dessus des eaux tropicales. Les pilotes portaient des vêtements de caoutchouc qui devaient les protéger en cas de descente rapide au niveau de la mer. « Un des gars a commencé à avoir de sérieux problèmes en raison du stress thermique. Il volait de façon tellement imprévisible qu'il était évident qu'il finirait par s'écraser. On pouvait

entendre les deux pilotes dans l'intercom, ils criaient : « Remonte, remonte. Trop tard, trop tard » ».

Dans des conditions de chaleur extrême, selon M. Soper, « vous atteignez un point où vous ne pouvez plus perdre de la chaleur, vous pouvez seulement en gagner. Vous ne pouvez pas perdre de la chaleur par conduction ou par convection si l'air qui vous entoure est plus chaud. Vous ne pouvez pas perdre de la chaleur à cause d'un refroidissement par évaporation si l'air est saturé. »

C'est exactement l'état dans lequel il s'est retrouvé au cours de certains essais effectués à Farnborough. Il était couché sur un lit situé au-dessus du bras d'un contrepoids à l'intérieur d'un compartiment qui ressemblait, selon lui, à une « grosse boîte de conserve ». La température et l'humidité étaient maintenues à un niveau tel qu'il était impossible pour son corps de perdre de la chaleur. Il devait demeurer immobile pendant l'exposition à la chaleur pour que le contrepoids puisse mesurer la quantité de sueur qui s'était échappée de son corps. Les expositions duraient environ une heure.

Ce système permettait à la température de son corps de continuer de monter et d'atteindre un niveau de fièvre artificielle. « Vous pouviez avoir très chaud », dit-il. En fait, il entraînait parfois des convulsions car il hyperventilait. Les gens qui surveillaient l'expérience ne pouvaient le voir à l'intérieur de la « boîte de conserve », mais savaient qu'il avait des convulsions lorsque le bras du contrepoids se mettait à osciller. « Ils me mettaient la tête dans un sac en papier afin que je puisse respirer de nouveau mon propre dioxyde de carbone et, après environ deux minutes, les convulsions cessaient. »

Pour me remettre, je sortais parfois dehors respirer l'air frais du matin. « J'étais complètement nu et je m'appuyais contre le mur – c'était le moyen le plus rapide de me rafraîchir. Un jour, appuyé contre le mur avec les yeux fermés, j'ai entendu une voix de femme me dire « Bonjour capitaine ». Je n'eus même pas l'envie de répondre tellement j'avais chaud. »

Entre 1954 et 1956, Stubbs a également travaillé à Farnborough au développement de combinaisons pressurisées complètes. Ces combinaisons n'existaient pas au Canada à cette époque car le Canada n'effectuait pas de vols de bombardiers à long rayon d'action qui exigeaient ce genre de combinaisons. Certains bombardiers volaient au-dessus de 50 000 pieds et les vols duraient parfois plusieurs heures. Les équipages avaient donc besoin d'être protégés contre l'anoxie en cas de dépressurisation de la cabine. « Les équipages des bombardiers se trouvaient normalement loin de leur base, et ils devaient donc se maintenir à haute altitude afin d'avoir suffisamment de portée pour continuer leur mission, ou retourner à la base en cas de chute de la pression dans la cabine », d'ajouter Stubbs.

Les Anglais utilisaient des bombardiers et Stubbs avait été détaché à Farnborough pour aider à mettre au point une combinaison pressurisée complète. Comme le suggère son nom, et contrairement aux combinaisons partielles, la combinaison pressurisée complète couvre tout le corps, y compris les mains et les pieds, et exige également l'utilisation d'un casque protecteur pressurisé. L'unité doit être complètement hermétique.

Stubbs s'était penché, entre autres, sur l'aspect confort de la combinaison. « Nous avons fait des essais dans des chambres d'altitude, et nous savions donc que la combinaison nous protégerait. Ce que nous devions découvrir, c'était s'il s'agissait là d'un vêtement pratique. Permettait-il au pilote de bien manœuvrer l'avion? Était-il été trop encombrant? »

Comme Soper, il s'est également intéressé au stress thermique. Porter le vêtement était comme porter un gant de caoutchouc par-dessus tout le corps et pouvait être, selon lui, « très inconfortable ». La combinaison devait être ventilée même lorsque l'équipage marchait au sol pour se rendre à l'appareil.

Particulièrement soucieux de l'utilisation de la combinaison dans des climats tropicaux, Stubbs et ses collègues en ont fait l'essai dans un bombardier qui s'apprêtait à décoller de Khartoum, au Soudan. Il faisait chaud et l'avion n'arrivait pas à décoller le jour car les moteurs à réaction nécessitaient de l'air plus frais. En fait, l'avion pouvait à peine rouler sur la piste. Selon Stubbs, les essais démontraient les combinaisons ventilées étaient nécessaires même au sol, où la température pouvait atteindre jusqu'à 60 °C. Il ajouta que l'avion avait toujours été bien accueilli par le personnel de piste des bases car, après un vol à 52 000 pieds, l'appareil était agréablement frais. « Comme ils voulaient entrer dans un avion frais, ils nous traitaient bien. »

Un autre résultat des essais, a-t-il dit, était de réaliser que « d'autres travaux de mise au point s'imposaient pour améliorer nos casques protecteurs entièrement pressurisés. »

Les casques protecteurs et les masques à oxygène



Un des premiers modèles d'un oxygène à utiliser avec un vêtement anti-G.

Les combinaisons pressurisées étaient peu utiles sans casque et sans masque à oxygène appropriés et les scientifiques de l'Institut de médecine de l'aviation ont consacré beaucoup d'efforts à les améliorer tous deux. À titre de dirigeant du centre de médecine des équipages d'aviation, Stubbs croyait qu'il existait un besoin urgent d'un nouveau concept de casque protecteur permettant de protéger les équipages durant l'éjection d'appareils qui volaient à haute vitesse. On tentait principalement de concevoir un casque et un masque qui restaient bien en place pendant l'éjection ou lors d'un écrasement. « Les casques protecteurs que nous utilisons ne restaient pas en place lors des écrasements. Les pilotes les perdaient toujours », a expliqué Soper, qui, après son retour de Farnborough, dirigeait l'équipe affectée à l'étude du nouveau concept entre 1961 et 1967.

Les casques risquaient également d'être arrachés par l'écoulement d'air de l'avion lorsqu'un membre de l'équipage était éjecté. Quand cela se produisait, le pilote perdait également son masque à oxygène et son système de communication. Stubbs mit au point un nouveau casque protecteur qui permettait au pilote de conserver son masque à oxygène durant le processus d'éjection. « Nous avons dû le concevoir comme étant une unité en deux pièces, ce qui n'avait jamais été fait auparavant. On le mettait comme s'il s'agissait d'une unité d'une seule pièce, mais si la force du vent était trop élevée, la coquille externe se détachait tout simplement, mais le masque restait en place. » Il s'est inspiré de Gentex, une entreprise qui était à cette époque le plus important fabricant de casques protecteurs aux États-Unis, et le modèle conçu devait faire l'objet de nombreux essais à l'Institut de médecine de l'aviation.

Stubbs a élaboré un moyen de faire l'essai des concepts de casques protecteurs pour la tolérance à l'écoulement d'air dans la chambre de décompression – mais sans sujet humain cette fois. (« Il y a une limite à tout », selon Soper.) On avait retiré la fenêtre de la chambre et on

l'avait remplacée par un tuyau de poêle qui agissait comme un tunnel d'air. Puis, on avait installé une tête de mannequin, avec le casque protecteur, en avant du tuyau. Une mince feuille de papier kraft couvrant le trou du tuyau permettait de réduire la pression à l'intérieur de la chambre pour la faire correspondre à celle de l'altitude désirée. « Quand on coupait le papier, l'air s'engouffrait tout de suite à l'intérieur », d'expliquer Soper.

Ce travail a permis de réaliser le « premier casque protecteur capable de rester en place durant un accident », affirmait-il. Ce casque a été utilisé par l'Aviation canadienne pendant plusieurs années.

Bien entendu, les systèmes d'oxygène associés au casque protecteur ont également été d'une importance critique. Dans son article écrit pour la *CAHS*, M. Allen remarque que : « En 1939, les masques à oxygène utilisés par les forces aériennes britanniques, américaines et canadiennes étaient loin d'être efficaces. Ils perdaient beaucoup d'oxygène et plusieurs missions devaient être terminées une fois les réserves d'oxygène épuisées ». Selon lui, les vêtements pressurisés et les masques à oxygène mis au point au Canada permirent aux pilotes alliés de voler de 2 000 à 5 000 pieds au-dessus des pilotes ennemis. « Cela est demeuré un secret bien gardé, inconnu de l'ennemi jusqu'après la guerre. » Une soupape « ingénieuse » placée dans le masque à oxygène qui aidait les pilotes à expirer contre la pression du masque a permis « à nos avions de reconnaissance d'opérer au-dessus du plafond des chasseurs ennemis, leur permettant d'exécuter des photographies tactiques essentielles et de s'en tirer indemnes. » Les chercheurs de l'Unité d'investigation clinique ont également été les premiers à mettre au point un masque à oxygène qui ne gelait pas à haute altitude. Le gel, qui entravait souvent l'alimentation en oxygène, provenait de la vapeur de condensation de l'air expiré par le pilote. Ces masques ont été utilisés par les pilotes de l'ARC durant la guerre et ces innovations ont été reprises plus tard dans les masques réalisés pour les pilotes britanniques et américains.

Au cours de son séjour à Farnborough, Soper participa à l'évaluation d'un nouveau casque protecteur à respiration sous pression plus évolué conçu par une société anglaise. Les masques de respiration à pression positive livrent l'oxygène au système respiratoire du pilote à un niveau de pression plus élevé que la pression ambiante – ces masques forcent littéralement l'air dans les poumons. Ils sont nécessaires pour éviter la perte de conscience en cas de dépressurisation dans la cabine à une altitude dépassant les 35 000 pieds.

Les systèmes en surpression ne sont pas confortables; ils gonflent le thorax et les poumons et rendent la respiration difficile car l'utilisateur doit expirer en exerçant une force. « Au-dessus de 45 000 pieds, le visage devient boursoufflé comme une tête de grenouille en raison de la pression du masque à oxygène », affirmait Charles Bryan. La pression peut également causer une accumulation du sang dans le tronc inférieur, nécessitant une contre-pression par un vêtement pressurisé.

Le masque à oxygène standard utilisé à l'époque, connu sous le nom de masque à suspension Pate, n'était pas adéquat pour l'alimentation d'oxygène sous pression, selon Soper. Il était constitué de bandes enfilées autour de rouleaux qui devaient rendre le masque étanche sur le visage. « Même quand on augmentait la tension pour contrer la pression d'oxygène, il y avait de nombreuses fuites. » Le casque britannique, par contre, « possédait une visière intégrée et on pouvait obtenir beaucoup de pression avec ce dispositif-là ».

La raison pour laquelle le Canada était intéressé par ce casque était – encore une fois – l'Arrow, qui pouvait voler jusqu'à environ 60 000 pieds. « Lorsque le programme Arrow a été annulé et que nous n'avions aucun avion qui monterait si haut, nous sommes retournés au Pate », a expliqué Soper. « Nous n'avions plus besoin de l'autre modèle. »

C'est à peu près à cette époque que la question de l'alimentation en oxygène à haute altitude commençait à intéresser d'autres secteurs que le militaire. « On construisait de gros avions à réaction destinés au transport de passagers, qui volaient à 40 000 pieds et qui exigeaient une mise sous pression », de dire M. Bryan, dont le mandat était de déterminer le temps nécessaire pour permettre aux passagers et au personnel de bord de mettre leur masque à oxygène. « En d'autres termes, on évaluait pendant combien de temps ils pouvaient rester conscients. »

Bryan et un autre officier, Wilson (Bill) Leach, élaborèrent une série d'essais dans une chambre de décompression qui consistaient à faire passer des sujets d'une pression équivalente à 8 000 pieds à une pression beaucoup plus basse équivalente à 40 000 pieds, en seulement quelques secondes. C'est ce qu'on appelle la décompression explosive – phénomène qui se produit lorsqu'une trappe ou une fenêtre d'avion s'ouvre soudainement ou que l'étanchéité de la cabine est entravée de quelque façon. Les essais comportaient des risques. « Au moment de la décompression, les poumons dégageaient une incroyable quantité de gaz », affirmait M. Bryan. « Si on avait la gorge obstruée ou si on tentait d'avaler à ce moment-là, les poumons risquaient d'éclater. Il fallait s'assurer de toujours garder la bouche ouverte au moment du déclenchement. »

Habituellement, Bryan et Leach étaient leurs propres cobayes. « Si vous faites des travaux expérimentaux, vous devriez tout d'abord les faire sur vous-même », affirmait Bryan. « Mon travail consistait à m'installer dans la chambre à 8 000 pieds et à me faire propulser à 40 000 pieds. J'avais même persuadé plusieurs de mes amis de faire la même chose. C'est pourquoi j'ai si peu d'amis », d'ajouter Bryan, avec une pointe d'humour.

Soper, qui avait servi de sujet dans plusieurs de ces essais, a vécu une expérience plutôt imprévue. Les sujets qui étaient soumis à l'expérience de décompression explosive manifestaient des signes d'hypoxie, « un état qui, nous pensions, disparaissait aussitôt que le sujet avait reçu de l'oxygène et était ramené à une altitude plus basse », selon Soper. « À une occasion, j'ai trouvé qu'après l'effet initial, il pouvait subsister un effet persistant, de plus longue durée, dont nous n'étions pas conscients. »

L'essai s'était déroulé dans une chambre de décompression, à un laboratoire situé à Downsview et, ensuite, M. Soper était retourné en voiture à son bureau, sur l'avenue Road, près du centre-ville de Toronto, où se trouvait l'Institut de médecine de l'aviation à l'époque. « Je ne me souviens absolument pas d'avoir quitté Downsview ou du trajet que j'ai parcouru jusqu'à ce que j'arrive au centre de Toronto près des rues College et Bay. J'avais dépassé ma destination de quelques milles. Quand j'ai réalisé où j'étais, je me suis arrêté dans un stationnement afin de me ressaisir. C'était terrifiant. Non seulement je ne pouvais pas m'expliquer pourquoi j'étais là mais je n'avais aucun souvenir de ce qui s'était passé. Intrigué par l'événement, je suis retourné au site de l'avenue Road. Il était midi quand j'y suis arrivé et mes collègues étaient au bar. Je leur ai raconté ce qui s'était passé et cela souleva beaucoup de rires et de plaisanteries sur ma perte de mémoire. Personne ne prit mon amnésie au sérieux jusqu'à ce que [Bryan] ait une expérience semblable peu de temps après.

« Quand le docteur Franks a eu vent de ces événements, il fut horrifié, estimant que les expériences portant sur l'hypoxie nous coûtaient des cellules grises. Par la suite, on nous imposa des directives et des restrictions sur le type d'expériences que nous pouvions faire. Cela me donne encore froid de penser que j'ai conduit ma voiture dans la circulation de Toronto, et que je n'en conserve aucun souvenir. Je m'estime bien chanceux de ne pas avoir eu d'accident! »

Les essais effectués dans la chambre de décompression ont révélé que les passagers qui sont soumis à une décompression de cabine soudaine avaient environ 15 secondes pour installer

leurs masques. Cette situation est rendue plus urgente du fait que les avions de ligne à réaction, à la différence des avions militaires, ne peuvent pas plonger rapidement à une altitude plus basse où il est possible de respirer sans masque. Ils descendent plus lentement et à un angle beaucoup plus faible en raison des dangers structurels que cela comporte. « Nous avons vu des avions de ligne effectuer des descentes rapides à cause de troubles de fonctionnement, a expliqué Bryan. À une occasion, le redressement fut tellement extrême que l'avion perdit un moteur. »

Lorsque nous avons fait des essais pour voir si les passagers pouvaient survivre sans oxygène au cours de la descente normale d'un avion de ligne, « nous avons dû chaque fois interrompre l'expérience, affirmait Bryan. En raison de la lenteur de la descente cela prenait beaucoup trop de temps pour atteindre une atmosphère permettant de respirer. Au taux de descente que l'avion pouvait supporter, nous pouvions subir des lésions cérébrales sérieuses. Même des personnes jeunes et en forme manquaient d'oxygène. »

Il a toutefois fait remarquer que les avions de ligne modernes étaient équipés d'une prise d'air à l'avant qui force l'air dans l'avion lors des descentes, assurant ainsi une certaine pressurisation. Par conséquent, à 40 000 pieds, une décompression explosive ne risquerait pas de faire baisser la pression cabine à un niveau proportionnel aussi bas. On obtiendrait plus probablement une pression proportionnelle à celle d'un appareil se trouvant à 25 000 pieds d'altitude, « ce qui laisse environ une minute » pour mettre le masque à oxygène, a-t-il dit. « Bien qu'il y ait eu des décompressions rapides [dans les avions de ligne], très peu ont dégénéré en catastrophe. »

Un film portant sur les essais en chambre de décompression a été distribué aux sociétés aériennes du Canada et à leurs pilotes. Le film illustre de façon claire ce qui se passe lors d'une décompression explosive. Les scientifiques de l'Institut de médecine de l'aviation ont également formé des pilotes de ligne, et leurs recherches ont débouché directement à la mise au point des masques à oxygène à déclenchement automatique qui sont utilisés actuellement dans les avions

commerciaux. À la différence des masques plus évolués destinés aux pilotes, les masques pour passagers sont de forme circulaire, de sorte que les personnes qui n'ont jamais vu de masque et qui doivent en mettre un dans des conditions stressantes « n'ont pas à se demander où sont le haut et le bas », d'ajouter Bryan.

En 1960, M. Leach (qui devait ultérieurement diriger les Services de santé des Forces canadiennes) reçut le très prisé trophée McKee remis chaque année en reconnaissance de « services méritoires pour l'avancement de l'aviation au Canada ». Le rapport accompagnant cette marque de reconnaissance a mis l'accent en particulier sur le travail spécialisé de Leach portant sur les effets de l'anoxie et de la décompression explosive et de ses répercussions sur la nouvelle génération d'avions à réaction militaires et civils. « Les résultats de cette recherche ont été applaudis à l'échelle nationale comme à l'échelle internationale et ont servi de fondements à des recherches plus avancées dans plusieurs pays. Le travail de M. Leach a également donné lieu



Photo d'un des premiers sièges éjectables.

à des techniques améliorées de formation d'équipages militaires et civils et à la conception de nouveaux dispositifs à oxygène.

« Au cours de ses travaux de recherche, M. Leach s'est continuellement prêté à des expériences de décompression explosive et à des périodes d'anoxie en altitudes atmosphériques élevées malgré le fait que rien auparavant n'avait permis de mesurer les effets d'une telle exposition. Le courage dont il a fait preuve dans la poursuite de ses recherches a dépassé les exigences de son mandat et a accru le niveau de sécurité des vols en avions à réaction pour les voyageurs du monde entier. »

Les sièges éjectables

Les essais de sièges éjectables ont été l'un des mandats les plus dangereux qu'ait entrepris l'Institut de médecine de l'aviation. Ces sièges présentaient également un danger pour les pilotes. Même s'ils étaient conçus pour sauver des vies, ils étaient souvent la cause de blessures, parfois mortelles, chez les pilotes qui se faisaient éjecter.

Stubbs étudia en particulier un problème qui touchait un siège éjectable, le siège Martin Baker, qui était couramment utilisé à l'époque. « Sur les premiers modèles Martin Baker, le parachute se trouvait derrière la tête, ce qui posait un problème. La tête se trouvait poussée contre l'appuie-tête. Quand on était expulsé, on risquait de se fracturer le cou. »

Pour prévenir un tel accident, le siège comportait à l'arrière un anneau en D, placé au-dessus de la tête du pilote. Quand il voulait être éjecté, le pilote devait tirer l'anneau vers le bas, devant son casque, pour empêcher que sa tête ne soit projetée vers l'avant quand le siège était propulsé. L'anneau en D comportait un store pour le visage en guise de protection contre la force du vent.

« Dans une situation d'urgence, les pilotes n'arrivaient pas toujours à tirer complètement l'anneau en D, ce qui provoquait souvent des fractures du cou », selon Stubbs. En fait, lui-même s'était fracturé le cou au cours d'une expérience en Angleterre. Il n'avait pas installé l'anneau en D correctement et « ma tête était tellement penchée que je pouvais me mordre le nombril. J'ai dû porter un collet de six mois à un an. Aucune chirurgie ne pouvait m'aider. Il fallait que ça guérisse tout seul. Pendant 20 ans, j'ai eu très peu de mobilité au niveau du cou. Tous les disques dans le cou étaient complètement soudés. Ce ne fut pas une partie de plaisir, mais nous avons beaucoup appris. » Il reçut l'indemnité habituelle pour une blessure au travail – deux dollars.

À la fin, il était devenu impossible de surmonter les problèmes associés aux sièges



Martin Baker. L'arrivée des sièges propulsés par fusée offrait une meilleure solution de rechange. « Le parachute était placé derrière le corps afin de garder la colonne alignée vers le haut, et la tête ne se trouvait pas projetée vers l'avant », d'ajouter Stubbs.

Les sièges à fusée offraient également la solution à un autre problème : les forces G élevées subies par les pilotes au cours de l'éjection et les risques de lésion à la moelle épinière que cela comportait. « Nous voulions déterminer quel niveau de forces G nous pouvions subir sans nous briser la colonne vertébrale », d'expliquer Stubbs.

Une des grandes préoccupations était la trousse de survie située dans le siège du pilote, qui contenait une

radio, une réserve d'eau et d'autres éléments utiles au pilote après l'éjection. La trousse se trouvait comprimée par la force de l'éjection et la question était de savoir si elle reprenait sa forme au cours des premiers dixièmes de seconde après l'éjection, risquant ainsi de créer une force supplémentaire sur la colonne du pilote qui subissait déjà les effets d'une force G maximale. Il fallait également pratiquer une petite dépression dans le milieu du siège pour laisser assez de place au coccyx du pilote, qui risquait sinon de se briser sous l'effet de pression durant l'éjection.

Stubbs a indiqué que les premiers sièges étaient propulsés à l'aide d'une cartouche semblable à celle d'une charge de fusil de chasse. « Vous aviez 30 pouces pour propulser le siège à l'extérieur de l'avion et dégager la queue. Et vous n'aviez qu'un dixième de seconde pour faire passer un homme d'une vitesse de 0 à celle de 60 milles à l'heure. » Sans compter la force du choc, qui pouvait atteindre 20 G.

Les essais effectués en collaboration avec l'US Air Force sur la tour de siège à éjection à la base Wright-Patterson Air Force située en Ohio démontrèrent que si les sièges étaient faits de résine de fibre de verre, « le rebond était retardé et ne produisait pas la force supplémentaire durant les instants critiques au début de la séquence d'éjection. Le risque de lésion à la moelle épinière était donc réduit pour la plupart des éjections », a ajouté M. Stubbs.

Quand les sièges propulsés par fusée ont fait leur apparition dans les années 1960, ils ont un peu facilité les choses car ils exerçaient une poussée graduelle, qui continuait d'agir après l'éjection du siège. Comme la fusée exerçait sa poussée jusqu'à une hauteur de 10 à 12 pieds, la force ne dépassait pas 4 à 5 G», affirmait Stubbs.

Soper effectua des recherches sur un autre aspect des sièges éjectables Martin Baker utilisés dans les appareils CF-100, à savoir un mécanisme de déclenchement comme solution de rechange à l'anneau en D. On s'inquiétait qu'en cas de forces G élevées, les membres d'équipage ne seraient pas capables de lever les bras pour atteindre l'anneau en D.

Soper se concentra particulièrement sur les problèmes d'éjection du navigateur, qui était assis derrière le pilote. « Ils mourraient parce qu'ils n'étaient pas éjectés de l'avion. Ils ne pouvaient pas sortir de l'avion. Au moins une dizaine d'occupants de siège arrière des CF-100 avaient été tués parce qu'ils n'avaient pu être éjectés de l'avion. Jan Zurakowski, le pilote d'essai en chef pour l'Avro, a perdu son observateur dans un accident près d'Oshawa. Nous ne savions pas pourquoi. »

Soper étudia un mécanisme composé d'une tige se prolongeant au-dessus de l'épaule gauche du navigateur. « Pour être éjecté, il fallait saisir la tige et la tirer vers l'avant. » Il fit l'essai du mécanisme en vol, sans toutefois être réellement éjecté de l'appareil. « La charge explosive avait été enlevée étant donné que l'objectif de l'expérience était de prouver qu'on pouvait effectivement tirer sur la tige dans ce modèle particulier. »

Cela fut néanmoins toute une aventure. L'appareil avait grimpé à environ 10 000 pieds, sans sa verrière, comme si l'équipage allait être éjecté. « Non seulement y avait-il des turbulences, mais c'était extrêmement bruyant », d'expliquer Soper. Au moment voulu, j'ai levé le bras et tiré sur la poignée. Mon bras fut pris dans le tourbillon d'air et ramené contre le fuselage. Par la suite, j'ai raconté en plaisantant que j'avais probablement été la seule personne à voler dans un CF-100 et à avoir touché la queue de l'appareil avec sa main. »

À l'époque, toutefois, la situation était loin d'être drôle. Soper s'était disloqué l'épaule et avait perdu son casque protecteur même si celui-ci était bien fixé. « La force de l'air l'a simplement arraché. L'air s'est infiltré en dessous et l'a soulevé. Je ne m'en suis même pas aperçu. » Soper se trouvait dans une situation très précaire à ce point-là parce qu'il ne pouvait communiquer avec le pilote et lui signaler ce qui se passait. Il y avait trop bruit pour permettre

toute communication – et, de toute façon, le système de communication s’était envolé avec le casque – mais Soper avait installé un système qui permettait d’allumer un voyant rouge dans la cabine du pilote. « Je pouvais utiliser un commutateur à levier pour lui signaler que j’étais en difficulté. »

Malheureusement, comme son bras gauche immobilisé vers l’arrière, il n’arrivait pas à atteindre le commutateur. « Le commutateur se trouvait devant ma main gauche, qui était immobilisée à l’extérieur de l’appareil. Et les vibrations m’empêchaient de bien voir. » Il réussit finalement à déplacer son bras droit vers la position présumée du commutateur et à communiquer son signal de détresse au pilote, qui ramena aussitôt l’appareil au sol.

Malgré sa blessure, il estima que l’essai fut un succès parce qu’il lui permit de résoudre le mystère qui l’avait intrigué. « Nous savions maintenant pourquoi les occupants du siège arrière ne pouvaient pas sortir de l’avion. Sans la verrière, comme lors d’une vraie éjection, l’écoulement d’air au-dessus de la cabine arrière devenait très fort. Quand l’occupant du siège arrière levait le bras pour tirer l’anneau en D au-dessus de sa tête, la force de l’air immobilisait son bras. Cette constatation fut confirmée ultérieurement par un navigateur qui avait survécu et pouvait raconter son expérience. On lui avait commandé de s’éjecter et comme il n’y était pas parvenu, le pilote avait réussi à ramener l’avion à la base. Le navigateur, qui avait eu les mains immobilisées par l’écoulement d’air glacial, perdit une partie de ses doigts, qui étaient gelés. »

La solution consistait à installer un pare-brise transparent en avant du siège arrière pour faire dévier l’écoulement d’air. « Cela a semblé régler le problème », de dire Soper. « Cependant, la nuit, les navigateurs ne pouvaient pas voir à l’extérieur en raison des reflets causés par le pare-brise. Certains navigateurs voulaient qu’on enlève le pare-brise. On peut résoudre un problème et involontairement en créer un autre. »

Le mal de décompression



Photo d’un des premiers caissons hypobares.

Parmi les nombreux risques courus par les pilotes qui volent à haute altitude, on retrouve le danger du mal de décompression, également appelé douleurs du type « *the bends* ». Étant donné que l’air est composé à environ 79 % d’azote et 21 % d’oxygène, les tissus de l’organisme comme la graisse, les organes, les muscles, la peau et le sang, sont normalement saturés d’azote. Lorsqu’une personne passe rapidement d’un environnement à pression élevée à un environnement à pression plus basse, l’azote peut s’échapper rapidement et causer des symptômes tels que douleurs au thorax et aux articulations, essoufflement, vision trouble, maux



de tête, vertiges et nausées. En l'absence de soins, les cas graves peuvent dégénérer en coma ou entraîner le décès de la personne.

Le mal de décompression constitue un risque pour les plongeurs qui remontent trop rapidement des eaux profondes, parce qu'ils passent d'une pression supérieure dans les profondeurs à une pression moins forte à la surface. Dans le même ordre d'idées, lorsque les pilotes passent du niveau du sol à une altitude supérieure, la réduction de la pression les expose au danger du mal de décompression. Les astronautes font également face à ce problème durant les sorties dans l'espace car leur combinaison est pressurisée à un niveau moins élevé que celui de la navette ou de la station spatiale.

La première chambre de décompression au Canada a été construite au laboratoire de l'Institut Banting. Selon Peter Allen, Banting croyait « fermement que les scientifiques devaient servir eux-mêmes de cobayes » et il a été la première personne à s'exposer à une pression correspondant à celle d'une altitude de 40 000 pieds. À l'Institut de médecine de l'aviation, la chambre de décompression était utilisée au début pour étudier les causes et les traitements associés au mal de décompression, chez les aviateurs comme chez les plongeurs. Ce travail se poursuit aujourd'hui à l'organisme qui a pris la relève, l'Institut de médecine environnementale pour la défense (IMED – renommé Recherche et Développement pour la défense Canada [RDDC] - Toronto) qui effectue également de la recherche sur la décompression liée aux sorties dans l'espace.

En fait, l'Institut de médecine de l'aviation mit au point le premier ordinateur de décompression utilisé par les plongeurs effectuant de multiples plongées. En fonction de la profondeur atteinte, du temps passé en profondeur et du nombre de plongées effectuées, ces plongeurs devaient remonter lentement et s'arrêter à des points préétablis pour permettre à l'azote de s'échapper lentement de leurs tissus. L'équipe de l'Institut de médecine de l'aviation mit au point un ordinateur pneumatique qui calculait les horaires de décompression en temps réel ainsi qu'un ordinateur électronique qui calculait les horaires plus rapidement qu'en temps réel (en millisecondes plutôt qu'en secondes).

« Nous avons conçu un ordinateur électronique avant l'arrivée des ordinateurs tels que nous les connaissons aujourd'hui », a affirmé Stubbs. « Si un plongeur était en détresse dans l'océan, l'équipe pouvait nous joindre par téléphone et nous décrire l'expérience en cours, les profondeurs atteintes et le temps écoulé. En saisissant les données dans l'ordinateur, nous produisions la procédure à suivre pour revenir à la surface. Les données étaient transmises par radio au bateau, puis exécutées. »



Photo d'un des premiers ordinateurs de décompression.

Stubbs est devenu plus tard chercheur en chef de RDDC. Il mit au point une installation de recherche sur la plongée dont la profondeur – 6 000 pieds – dépassait celle de toute autre installation dans le monde à l'époque. Lorsque Stubbs prit sa retraite, on nomma cette installation à son nom.

Le mal de décompression se manifestait de façon moins sévère chez les aviateurs que chez les plongeurs, de dire Harold Warwick, un officier médical de l'ARC durant

la Deuxième Guerre mondiale, qui participa à l'évaluation de la vulnérabilité des équipages militaires. Cela se produit parce qu'une plus grande quantité d'azote est dissoute dans les tissus de l'organisme lorsqu'on est soumis aux fortes pressions des profondeurs par rapport à celles que l'on retrouve sur Terre. « Les personnes qui passent du sol à une altitude élevée subissent moins les effets du mal de décompression que celles qui sont placées dans un environnement de haute pression, comme les plongeurs, et qui sont ensuite ramenées à la surface. Nous n'avons jamais été témoins de problèmes neurologiques graves. »

Lorsque Harold Warwick s'est joint à la Branche des services de santé de l'ARC en 1941, il a été affecté à l'Unité d'investigation clinique n° 2 à Regina. C'est là que lui et son commandant, Chester Stewart, ont mis au point un programme pour évaluer la résistance des recrues au mal de décompression. « Nous avons une chambre de pression sur les lieux », affirmait-il. « La méthode qui nous semblait la plus convenable consistait à exposer les personnes durant une période de deux heures à une pression correspondant à une altitude de 35 000 pieds, avec une vitesse ascensionnelle d'une demi-heure. Il n'était pas nécessaire de prolonger cette période, car les symptômes se manifestaient à l'intérieur de ce délai. »

Harold Warwick était un autre de ces chercheurs qui n'aurait jamais demandé à d'autres de faire ce qu'il n'était pas prêt à faire lui-même. « J'ai connu le mal de décompression sous toutes ses formes. Nous devions être présents dans la chambre pour déterminer les meilleures méthodes de réaliser les essais. »

Par suite de son travail, lui et Stewart ont été affectés en 1942 à la section médicale des équipages d'aéronef n° 1 du Dépôt Y de Halifax, en Nouvelle-Écosse. Douze chambres de décompression avaient été assemblées pour évaluer les hommes envoyés à la guerre. « C'est là qu'on réunissait les finissants du programme d'entraînement aérien interarmes que l'on envoyait outremer sur de gros navires », d'expliquer Warwick. « Il n'y avait pas seulement des pilotes, mais également des navigateurs et des mitrailleurs – ce qu'on appelle les équipages d'aéronef. » Cette installation d'essai fut plus tard transférée à Lachine, au Québec.

Plus de 6 500 personnes furent soumises à plus de 17 000 expositions. Warwick se souvient qu'environ un tiers des personnes faisaient preuve d'une résistance naturelle au mal de décompression. Les chercheurs découvrirent que la vitesse ascensionnelle constituait un facteur important pour déterminer l'ampleur du mal de décompression subi par les sujets. Ils établirent également des corrélations avec l'heure de la journée, l'incidence étant plus élevée le matin que l'après-midi, et la pression atmosphérique. Ils découvrirent aussi que les personnes plus lourdes avaient un niveau de sensibilité plus élevé, possiblement parce que leur corps avait une masse grasse supérieure, qui pouvait ralentir le passage de l'azote.

À cette époque, les avions n'étaient pas pressurisés et certains volaient à 30 000 pieds ou plus, altitudes qui causaient généralement un certain degré de mal de décompression chez bon nombre de personnes. Warwick a expliqué qu'on prêtait une attention spéciale à la sensibilité des équipages de missions de reconnaissance photographique, qui volaient à des altitudes élevées. « On ne voulait pas qu'une personne qui effectuait une mission de reconnaissance photographique ou qui bombardait à haute altitude soit exposée à une douleur intense », a indiqué Warwick.

Dans le cas des hommes soumis aux essais à Halifax, une note était ajoutée à leur dossier pour indiquer leur sensibilité ou leur résistance au mal de décompression. Cependant, Warwick affirme ne pas savoir si « cette information avait une utilité pratique ni quelle importance on lui accordait. Je peux seulement conclure qu'on n'aurait pas affecté une personne à des vols à haute altitude si on savait qu'elle était sensible. » Il a ajouté que certains membres d'équipage ressentaient souvent des symptômes bénins et « ont simplement continué. »

Warwick a décrit le travail de l'ARC dans le domaine du mal de décompression comme un travail de pionnier qui a suscité l'intérêt des autres chercheurs. « Les Américains étaient pas mal intéressés – plusieurs nous rendirent visite afin de voir ce que nous faisons. Nous les devançons dans ce domaine. En 1943, ils venaient à peine d'entrer en guerre. Le Canada était à l'avant-garde. »

Le mal des transports

Durant des millions d'années, le corps humain a évolué sur Terre, sans jamais connaître de conditions semblables à celles subies à bord d'un avion qui effectue des manœuvres et des accélérations dans le ciel. Il n'est pas surprenant alors que le système vestibulaire d'équilibre dans l'oreille interne, qui contrôle notre sens de la position et du mouvement, trouve l'expérience plutôt déroutante.

Le système vestibulaire comprend deux éléments : les canaux semi-circulaires, qui détectent les mouvements angulaires, et les otolithes, qui détectent les changements de position relativement à la force de gravité et nous permettent de distinguer le haut du bas. Les deux éléments ont évolué pour s'adapter aux différentes conditions de vie des humains sur la Terre. Les accélérations et les manœuvres des avions à réaction ultraperformants – ainsi que l'absence de gravité dans l'espace – ne font pas partie de l'expérience des humains. Le mal des transports est une conséquence de cet état de fait.

Le mal des transports, avec ses symptômes de nausée et de vomissement, a été reconnu très tôt comme étant un risque à la conduite sécuritaire d'un aéronef ou d'une navette. Quand Stubbs est entré à l'Institut de médecine de l'aviation en 1950, « l'une des premières choses qu'on m'a demandé de faire a été d'étudier la physique du mouvement. » L'étude portait sur des chats ainsi que sur des humains. « Les chats sont très sensibles au mal des transports », d'expliquer Stubbs. « Nous avons étudié les mouvements qui pouvaient les rendre malades, puis nous avons poursuivi l'expérience sur nous-mêmes. Nous voulions définir la mathématique des mouvements qui pouvaient rendre des sujets malades. »

Wilbur Franks avait également demandé à un autre chercheur, Walter Johnson, professeur à l'University of Western Ontario, de se joindre à l'équipe de l'Institut de médecine de l'aviation chargée d'étudier le problème. L'étude portait sur les mouvements qui pouvaient déranger le plus. « Cette recherche a donné lieu à une nouvelle découverte essentielle, qui expliquait comment l'oreille interne est stimulée pour produire la nausée », dit-il. « Nous avons démontré que l'oreille interne fonctionne comme un gyroscope. Si on la fait pivoter sur un plan et qu'on incline le gyroscope sur un autre plan, des forces sont en place pour provoquer un stimuli plus fort provoquant la nausée. « Si, par exemple, vous êtes dans un bateau ou dans un avion qui tangue vers le haut et vers le bas, et que vous tournez votre tête latéralement – la pire chose à faire – vous risquez d'avoir plus facilement des nausées. »

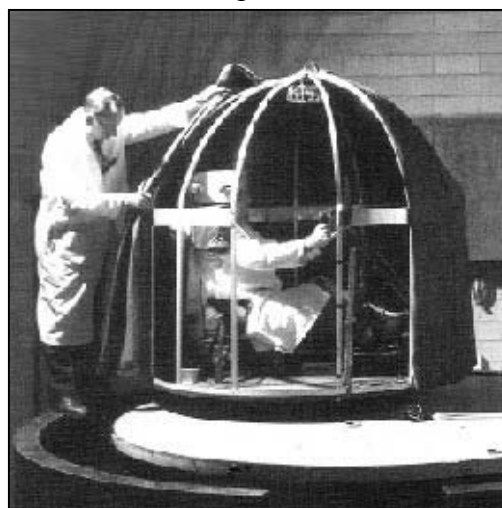


Photo d'une installation de désorientation spatiale, un appareil utilisé pour reproduire les symptômes du mal des transports.

Selon Stubbs, un des éléments déterminants de leur recherche reposait sur un vieux dicton de la marine selon lequel il fallait « se coller la tête contre une des cloisons. C’est en parlant tous les trois, Johnson, Franks et moi, que nous nous sommes rappelé toutes ces vieilles histoires. »

Les chercheurs avaient inventé des machines diaboliques qui, selon Johnson, « produisaient les pires effets chez les sujets ». Lui-même avait conçu un dispositif qui produisait le vertige en faisant tourner les sujets comme des toupies. Il y avait aussi, plus tard, la machine qui effectuait des mouvements angulaires de précision et qui faisait tourner les sujets autour de trois axes – le tangage, le lacet et le roulis.

Comme toujours, les chercheurs se sont soumis aux mêmes tortures qu’ils faisaient subir aux autres. Johnson admet qu’il n’était pas facile de trouver des volontaires. « Peu de gens souhaitaient participer à ce genre d’expérience car ils savaient ce qui allait se passer. Mais j’ai réussi à trouver assez de volontaires pour publier mes résultats. »

Au terme de leurs travaux, Johnson, Stubbs et Franks rédigèrent, en 1951, un document scientifique qui concluait que le meilleur moyen de prévenir les pires stimuli du vomissement était de maîtriser strictement les mouvements de la tête par rapport au reste du corps – soit d’éviter les secousses ou la rotation de la tête. Ils ont breveté un appuie-tête conçu pour minimiser le mal des transports chez les pilotes et les astronautes en immobilisant leur tête.

Johnson mit ces découvertes en pratique quand il effectua une recherche sur un problème affectant des parachutistes à une base d’entraînement en Alberta. « Ils se plaignaient de nausées avant de sauter en zone de turbulence. Afin de contrer cet effet, j’ai suggéré d’installer des appuie-tête à bord des appareils qui transportaient les parachutistes et cela a beaucoup aidé. »

La découverte du stimulus le plus important sur l’oreille interne causant la nausée a valu à M. Johnson de recevoir en 1956 un prix décerné par l’Association de médecine de l’aviation pour « services exceptionnels rendus à la médecine de l’aviation ».

Les chercheurs ont également découvert que les antihistaminiques, qui en étaient à leurs débuts, aidaient à réduire les symptômes du mal des transports. Mais en raison de leur effet sédatif, ils étaient contre-indiqués pour les pilotes et d’autres membres d’équipage assumant des responsabilités.

Johnson a également été invité à travailler avec les premiers groupes d’astronautes choisis pour le programme spatial américain au début des années 1960. Il a participé à des vols d’entraînement à bord d’avions dans lesquels on avait créé, très brièvement, des conditions d’apesanteur en simulant la trajectoire de montagnes russes. « Je leur enseignais comment garder la tête immobile », disait-il. (Johnson a dû lui-même mettre en pratique ses propres recommandations – lui aussi était sensible au mal des transports s’il bougeait trop la tête.)

Plusieurs personnes qui participaient au programme spatial ont été surprises d’apprendre que le mal des transports pouvait poser un problème. Après tout, les premiers astronautes étaient tous d’anciens pilotes d’essai chevronnés habitués à accomplir toutes sortes de manœuvres dans des jets à haute performance. Cependant, en conditions d’apesanteur, les règles n’étaient plus les mêmes. « Sans la gravité, les astronautes croyaient pouvoir bouger leurs corps comme ils le souhaitaient », d’ajouter Johnson.

Cela ne le surprit pas car il avait déjà établi que l’absence de gravité pouvait probablement rendre les astronautes malades. Johnson savait très bien que la gravité avait une incidence sur l’oreille interne. Il avait vu des patients qui étaient désorientés à la suite de problèmes affectant leurs otolithes, et qui étaient sujets parfois à des nausées et à des vomissements.

Bien que Johnson avait été mis au courant des problèmes de nausées des premiers équipages, les astronautes étaient restés muets sur ces nausées. « C'était assez dur pour leur moral. Ils étaient après tout des surhommes, triés sur le volet. » (En fait, la première fois que le problème a été admis ouvertement, c'était à bord d'Apollo 9, en 1969, quand l'astronaute Russell Schweikart a vomi deux fois. Toutefois, certains faits indiquent que le problème s'était déjà manifesté lors de vols précédents de Gemini. Au retour de Gemini, on a constaté une tache foncée sur la console. Il fut établi par la suite qu'il s'agissait de pudding au chocolat.

Un des enjeux qui motiva de nombreuses recherches du programme spatial portant sur le mal des transports fut la nécessité d'établir un essai pouvant déterminer à l'avance les sujets qui seraient malades dans l'espace. L'absence de symptômes sur Terre ne signifiait pas nécessairement l'absence de symptômes en orbite. « Il y a une raison à cela, affirmait M. Johnson. L'expérience de l'apesanteur sur Terre est tout simplement impossible car on ne peut en reproduire les conditions. Les quelques secondes d'apesanteur que l'on peut obtenir dans un avion en « montagnes russes » ne sont pas suffisantes. Ce n'est qu'une fois qu'il se trouve dans l'espace, que l'astronaute peut connaître son niveau de tolérance. »

L'ancien astronaute canadien, Ken Money, qui travailla avec Johnson à l'IMED et a consacré une grande partie de sa carrière à l'étude du mal des transports et à la désorientation vestibulaire souhaitait élaborer un test prédictif. Il estimait que la désorientation était, et est toujours, un « tueur important de pilotes d'avions de guerre » et, qu'en fait, elle était la principale cause d'accidents d'avions de combat. À cette époque, de nombreux pilotes souffraient du mal des transports au début de leur entraînement. Et plusieurs d'entre eux, après une formation très coûteuse, échouaient en raison de ce problème. Il y avait intérêt à traiter le problème efficacement – sélectionner ceux qui ne réussiraient pas et les écarter dès le début, et aider ceux qui étaient en mesure de réussir. Je ne pensais pas aux vols dans l'espace à l'époque, bien que les vols spatiaux étaient alors prévus. »

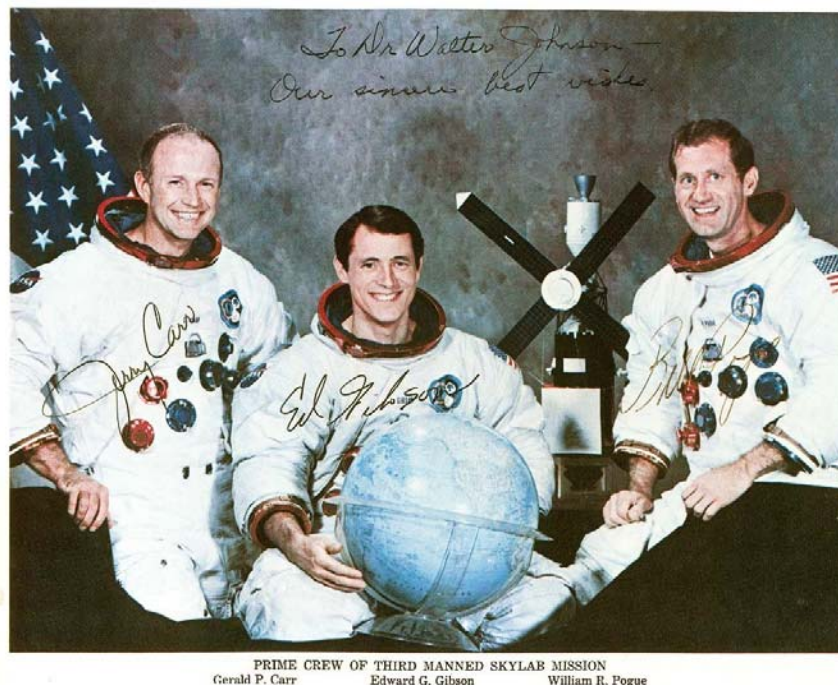


Photo de l'équipage principal de la troisième mission habitée Skylab et signée par les astronautes : « À Walter Johnson, meilleurs vœux. »

La participation de Ken Money au programme spatial est étroitement liée à Johnson. « Walter Johnson était une autorité mondiale sur le mal des transports. Les Américains, qui souhaitaient se préparer pour les vols dans l'espace, avaient sollicité son aide. Comme j'étais son élève à l'époque, il m'a invité à l'accompagner. »

Money commença à travailler à temps partiel à un projet de la NASA. Ce projet consistait à modifier le système vestibulaire de singes afin de cerner la véritable cause du mal des transports dans l'espace : les canaux semi-circulaires ou les otolithes. Le programme prévoyait envoyer des singes dans l'espace, accompagnés d'autres singes dont le système vestibulaire était intact. Ce projet ne put toutefois être réalisé en raison de compressions budgétaires.

Ce n'est qu'une dizaine d'années plus tard, que Money commença à travailler avec les astronautes américains dans le cadre d'un projet visant à élaborer des essais prédictifs. Les astronautes n'étaient pas enthousiasmés par le projet parce que « personne n'aime être soumis au mal des transports, lors d'un essai ou autre, disait Money. Mais cela faisait partie de leur mandat et ils l'ont fait. »

En fait, plusieurs semblaient assez surpris de constater qu'ils pouvaient être malades. Ils pensaient que « le mal des transports, c'était quelque chose qui arrivait aux gars qui échouaient l'école de pilotage, affirmait M. Money. Certains n'en revenaient pas d'avoir le mal des transports, mais nous avons des dispositifs diaboliques qui pouvaient rendre n'importe qui malade. Après de nombreux essais, j'ai finalement conclu qu'aucun essai de groupe ne permettait de prévoir avec précision la sensibilité au mal des transports dans l'espace. Nous avons donc mis un terme à ces essais. »

Comme Johnson, Money a conclu que l'environnement spatial était unique. « Les stimuli dans l'espace sont très différents. L'état d'apesanteur prolongée n'existe nulle part ailleurs. On peut être immunisé à tout le reste et être quand même malade dans l'espace. »

Il y avait une autre raison pour abandonner les essais. Non seulement étaient-ils impopulaires auprès des astronautes mais ils étaient coûteux, les essais devant être exécutés avant, pendant et après les vols. Un des grands problèmes était d'obtenir des rapports précis sur les occurrences de mal des transports dans l'espace. Les astronautes ne voulaient tout simplement pas admettre qu'ils avaient été malades, disait Money. Nous n'étions jamais certains de la fiabilité des rapports. » En fait, il en a appris davantage au cours des rencontres sociales informelles que durant les briefings formels. « Nous nous rendions à la brasserie du coin après le travail et je les écoutais parler. C'était surprenant d'entendre ce qui se disait. On constatait qu'un tel avait dit qu'il n'avait pas du tout eu le mal des transports alors qu'il vomissait sans arrêt. J'ai conclu qu'on ne pouvait pas faire de travail scientifique de cette façon et que le travail était parfaitement inutile. Finalement, on a tout abandonné. »

« Même si peu d'entre eux embellissaient leurs rapports, d'expliquer Money, l'incidence était grande en raison du faible nombre de personnes soumises à l'étude. Quand on utilise un nombre de sujets réduit, il suffit d'un ou deux éléments pour invalider l'ensemble d'une expérience. Nous n'avons jamais établi un essai permettant de prédire le mal des transports. »

La seule solution de rechange était de fournir aux astronautes des médicaments qu'ils pouvaient prendre en cas de malaise durant le vol. À une certaine période, disait Money, on a donné aux nouveaux astronautes et à ceux qui avaient été malades lors de vols antérieurs des médicaments au sol avant le lancement. Cela n'était pas une bonne stratégie. « Ils croyaient que l'utilisation des médicaments prévenait la maladie. Mais elle ne faisait que retarder le problème. La prise de médicaments ralentissait le processus normal d'adaptation à l'apesanteur. De plus,

les astronautes, qui étaient drogués pendant deux jours, redevenaient malades une fois passé l'effet des médicaments.»

En conséquence, les procédures ont été modifiées et les astronautes peuvent maintenant prendre les médicaments en vol s'ils en ressentent le besoin. « C'est à la personne de décider si elle a besoin des médicaments », disait Money. « Si le sujet conclut qu'il est en mesure de faire le travail, on ne lui imposera pas. »

Le mal des transports dans l'espace continue d'être un problème important, qui peut avoir une incidence sur les opérations, surtout durant les premiers jours d'un vol. Ceci est une des raisons pour lesquelles plusieurs tâches critiques, comme les sorties dans l'espace, ne sont pas prévues durant la période d'adaptation. Money évalue qu'environ 90 % de tous les astronautes connaissent un quelconque degré de mal des transports et que presque un tiers sont assez malades pour vomir. « La NASA , ajoute-t-il, rapporte qu'environ 70 % des sujets ont une certaine forme de mal des transports, mais je crois que c'est une évaluation à la baisse. »

Un héritage pour le programme spatial

Une grande partie de la recherche effectuée à l'Institut de médecine de l'aviation entre les années 1940 et les années 1960 avait une pertinence directe pour le programme spatial émergent, qui portait sur des questions liées à la pression et les combinaisons anti-G, les masques à oxygène, les casques protecteurs et même, dans les premiers temps, les sièges éjectables.



Les travaux de recherche effectués par les médecins et les pilotes, à l'AIM, ont jeté les bases du programme spatial actuel.

« Dans les programmes Gemini et Mercury, les pilotes avaient des sièges éjectables », a expliqué Stubbs. Ce dernier fut invité à donner des conférences sur le travail que lui et ses collègues avaient accompli à l'Institut de médecine de l'aviation. Il fut même invité à faire partie de l'équipe des ingénieurs de la NASA qui concevait l'équipement pour le programme spatial. Il refusa toutefois, préférant rester au Canada et poursuivre son travail de recherche pour les Forces armées.

« Ce n'était pas aussi important que ce que nous tentions de faire au sein de l'OTAN », dit-il. « C'était beaucoup plus intéressant pour moi de faire cela. Il s'agissait de nos programmes et ils étaient très bons. Comme j'aimais le Canada, j'ai décidé d'y rester. Je n'ai jamais regretté cette décision parce que je me sentais loyal envers le Canada et je voulais faire ce que je pouvais, dans ce pays. » En reconnaissance de ses efforts, ses collègues du monde entier l'ont élu, ainsi



que Wilbur Franks, à la toute nouvelle agence *International Academy of Astronautics*. Ils furent les premiers Canadiens à être ainsi honorés.

Quant aux risques que le travail comportait, ils faisaient partie du contrat, de dire Stubbs. « Nous savions qu'il y avait des risques, mais nous pensions qu'ils étaient contrôlables. » Et il y avait beaucoup à gagner : « C'était une période palpitante, chaque pas franchi constituait un pas en avant. »

Références

- The Journal of the Canadian Medical Services, Vol. 4, N° 1, Novembre 1946.
- The Remotest of Mistresses: The Story of Canada's Unsung Tactical Weapon: The Franks Flying Suit, par Peter Allen, Canadian Aviation Historical Society Journal.
- Franks' Incredible Flying Suit: The Canadian invention that change the face of the war, par Andrew Duffy, Ottawa Citizen, 11 novembre 2001.
- Banting Tended Injured Pilot Before His Own Life Ebbd Away, article de journal, 26 février 1941. Tiré des archives de Sir Frederick Banting, <http://www.newtecumseth.library.on.ca/banting/database/000047.html>