

- 13 -

**" Les facteurs humains et la sécurité du contrôle de la circulation
aérienne" : la réalité et ses paradoxes"**

Colloque ANAÉ Mars 1997

LES FACTEURS HUMAINS ET LA SÉCURITÉ DU CONTROLE DE LA CIRCULATION AÉRIENNE

La réalité et ses " paradoxes "

Jacques VILLIERS

Président de la Section

"Morale, droit, sociologie, économie de l'Air et de l'Espace" de l'ANAE

1 - LE CONTROLE DE LA CIRCULATION AERIEENNE ET LA SECURITE

Du point de vue de la sécurité, le contrôle de la circulation aérienne présente un caractère tout à fait spécifique par rapport aux autres composantes du transport aérien, notamment le pilotage.

Pour s'en convaincre, rappelons tout d'abord succinctement en quoi il consiste et comment il fonctionne.

Un *plan de vol* est établi préalablement à l'exécution de chaque vol désirant utiliser l'espace aérien contrôlé.

L'espace aérien et les pistes constituent une ressource de plus en plus rare : la situation qui résulterait de l'indépendance des vols serait éminemment accidentogène.

L'Air Traffic Management a pour seule mission de gérer les contraintes résultant d'une demande aléatoire d'espace :

La sécurité est son seul objet .

Chaque vol est ainsi invité à évoluer dans le cadre :

- des dispositions générales prises pour organiser l'espace afin de le *rendre contrôlable*
- des *altérations* en plan ou en niveau qui lui sont imposées en temps réel pour éviter les collisions ou pour accélérer le débit général du trafic

L'Air Traffic Management (ATM) couvre plusieurs types de contrôle selon la phase de vol considérée. Il comprend essentiellement l'ATC : contrôle d'aérodrome, contrôle d'approche et contrôle en route, auxquels s'ajoute, préalablement au départ effectif de chaque vol, un contrôle des flux (ATFM) en vue de prévenir toute saturation dangereuse du système. Le contrôle des flux est effectué en Europe d'une manière communautaire depuis un centre situé près de Bruxelles : il concourt à la fois à la sécurité des vols et à leur efficacité (les contraintes imposées avant le vol sont moins coûteuses que les déroutements et attentes en vol). Les contrôles d'approche et d'aérodrome ont essentiellement pour objet l'utilisation optimale des pistes et la liaison avec le contrôle en route.

C'est principalement de ce dernier, le contrôle en route, qu'il sera question ci-dessous, et plus particulièrement du **contrôle en route dans les espaces continentaux congestionnés**. C'est là que les problèmes se posent avec le plus d'acuité et sont les plus contraignants pour les contrôleurs.

un avion occupe le même espace quelle que soit sa charge marchande. La dérégulation totale du transport aérien incite à réduire la capacité des avions et à multiplier ainsi le nombre de vols, ce qui induit un fort coût direct et indirect pour l'utilisateur.

· *Deuxième " paradoxe "*

Il est de bon ton, dans la littérature concernant l'économie du transport aérien, de négliger le coût complémentaire induits par la dérèglementation sur l'ATC (ainsi que des pistes) et ses contraintes sur le trafic... sauf à les considérer comme " illégitimes ".

En supprimant à la fois le *coût des contrôleurs et leur faillibilité*, l'automatisation intégrale du contrôle de la circulation aérienne serait de nature à diminuer considérablement son coût et à augmenter à la fois sa capacité et sa sécurité.

· *Troisième " paradoxe "*

De par sa nature même, l'ATM n'est fondamentalement qu'un pur système de traitement de l'information. Il pourrait sembler paradoxal qu'il ne soit pas encore automatisé et, plus étrange encore, qu'il n'existe aucun projet crédible à cet effet.

La suite de l'exposé en montrera les raisons, ainsi que l'ampleur du hiatus qui sépare l'ATC manuel de l'ATC automatisé, et que l'on a appelé " Le Mur de la Capacité ".

4 - LE TRAVAIL DU CONTROLEUR

Pour s'en convaincre, il faut pénétrer plus intimement dans l'analyse de la spécificité du travail du contrôleur.

Le contrôleur connaît la position actuelle des avions (Radar, reports de positions) ; grâce au plan de vol, il peut les extrapoler pour évaluer leurs positions futures dans les trois dimensions. Il détecte alors les interférences dangereuses, élabore et met en oeuvre les solutions appropriées.

Le cerveau humain n'a évidemment pas une capacité illimitée pour se représenter en temps réel un grand nombre de trajectoires tri-dimensionnelles et les problèmes qui en résultent.

De surcroît, le nombre de problèmes croît évidemment comme le carré du nombre d'avions qui évoluent dans un espace donné.

Le nombre d'avions qui peut être confié à un moment donné à un contrôleur est donc *limité par les performances du cerveau humain* (10 à 15 avions selon la complexité de l'espace considéré).

On sait, notamment depuis les travaux de H.Simon (Prix Nobel), que le nombre maximum de problèmes qu'un esprit humain peut gérer simultanément est strictement limité. Il est inutile d'évoquer à ce sujet le nombre maximum d'objets qu'un jongleur peut manipuler.

Il résulte de ce seul fait un certain nombre de propositions qui pourraient surprendre un observateur non averti.

· *Quatrième " paradoxe "*

Ce n'est pas l'espace qui est saturé mais le cerveau humain .

D'une part, et selon des techniques qui s'améliorent d'années en années, les calculateurs pilotent les outils de travail du contrôleur.

Ces outils ne constituent cependant qu'un moyen de présentation de l'information sous une forme à la fois intégrée (corrélation du plan de vol et de la position Radar) et filtrée (présentation à chaque instant de l'information nécessaire, et seulement l'information nécessaire) à l'exclusion de toute intervention dans les processus de contrôle proprement dits.

A ces fonctions de l'ordinateur s'ajoute celle du "*filet de sauvegarde*" qui a pour objet de déclencher une alarme ultime en cas de danger de collision imminent, laissant ainsi le temps, et juste le temps, au contrôleur de réagir immédiatement. On sait que les systèmes anti-collision air/air, progressivement rendus obligatoires, complètent ce dispositif par une alarme et l'élaboration d'une procédure d'évitement d'urgence à bord des avions.

Tout cela est essentiel, mais pourrait paraître maigre moisson au regard des potentialités des ordinateurs modernes.

Puisque le contrôleur est limité dans ses potentialités et vulnérable dans ses réactions, ne pourrait-on pas songer pour le moins à ce que l'ordinateur l'assiste dans son travail ?

La réponse est assurément positive.

Mais comment assister effectivement et efficacement le contrôleur ?

Pour répondre à une telle question, il est nécessaire de revenir à nouveau sur la spécificité du travail du contrôleur et sur ses limites.

Rappelons simplement que le contrôleur n'éprouve aucune difficulté, même dans les situations les plus complexes, à détecter les conflits et à leur apporter la solution appropriée au moment opportun.

En revanche, le contrôleur serait bien *incapable de résoudre un problème qu'il n'aurait pas lui-même détecté et sans la présence dans sa mémoire de l'ensemble de la situation avoisinante*.

Il n'y a donc aucun espoir de voir le système amélioré par transfert d'une partie de la *charge primaire* des contrôleurs (détection et résolution des conflits) sur des ordinateurs. Apporter une telle assistance à un contrôleur en ferait rapidement un "contrôleur assisté".

Huitième "paradoxe"

Le contrôleur opère aux limites de la saturation de ses propres performances. Et cependant l'exécution à son profit d'une partie de ses tâches primaires ne lui serait d'aucun secours et constituerait au contraire une perturbation dans l'organisation et la maîtrise de son travail en temps réel.

Pour mieux comprendre le rôle essentiel que les ordinateurs vont néanmoins être amenés à jouer dans l'avenir, il est nécessaire d'approfondir les causes des limitations apportées à la capacité et à la sécurité du système par les performances limitées du cerveau humain.

C'est là que se situe la *face cachée de la charge et de la tension des contrôleurs* et ce qui constituera la cible des projets à venir et notamment d'ERATO en cours de développement à quelques encablures d'ici (CENA à Toulouse).

Lorsque le trafic croît, c'est la mémoire du contrôleur qui sature, dans ses deux composantes essentielles :

- la "*mémoire opérationnelle*" (mémoire des éléments pertinents de la situation d'ensemble du trafic),

7 - LES NOUVEAUX MOYENS TECHNIQUES

Certains fondent de grands espoirs sur le rôle que pourraient jouer à l'avenir les nouveaux moyens de navigation, de localisation et de communication notamment par satellites.

Ils ont raison, sous réserve d'être patients... très patients.

Sans entrer dans les détails, il est raisonnable de considérer que ces nouveaux moyens ne trouveront leur efficacité réelle pour le contrôle en route au dessus des espaces congestionnés que dans le cadre d'un système ayant atteint au préalable le stade d'automatisation décrit ci-dessus et qui est encore loin d'entrer en service opérationnel.

Au delà de ce stade, de grands espoirs sont permis pour tirer le meilleur parti d'une navigation prévisionnelle plus précise et de moyens automatiques de liaisons codées air/sol.

8 - LE CONTROLEUR ET SA RESPONSABILITE

Le spectre de l'erreur humaine est ^{constamment} donc omniprésent dans l'exercice du contrôle de la circulation aérienne.

La moindre inattention, le moindre oubli, la moindre faute d'appréciation et c'est... l'air-prox (c'est à dire la génération d'une situation dont seule *la providence décide* si elle se soldera par une collision ou... par des sueurs froides !).

Le voyageur n'a pas lieu de paniquer pour autant : on a déjà dit que l'ATC ne contribue que d'une manière insignifiante à l'ensemble des facteurs d'insécurité affectant le transport aérien, lui-même représentant l'un des moyens de transport les plus sûrs.

Il n'empêche que l'air-prox est vécu comme un traumatisme grave par les contrôleurs . Lequel n'en a jamais connu les affres ?

La profession ne peut donc pas rester les bras croisés devant l'occurrence des air-prox !

L'air-prox est un fait suffisamment régulier (une soixantaine par an au dessus de la France) pour qu'il puisse donner lieu à des statistiques publiables et publiées .

Il en est sans doute peu de professions dans lesquelles le retour d'expérience sur les erreurs humaines soit traité avec tant de systématisme et tant de franchise que dans celle-ci. Chaque cas est détecté par les contrôleurs eux-mêmes ou par les calculateurs; ces derniers peuvent restituer a posteriori tous les éléments nécessaires à l'appréciation des conditions de son occurrence. Chacun des cas fait l'objet d'une étude approfondie devant une Commission Nationale composée de contrôleurs, d'ingénieurs et de pilotes et donne lieu à des recommandations en tant que de besoin.

Il n'en reste pas moins que, face à un accident effectif, le contrôleur reste seul face à ses responsabilités et face aux conséquences d'une inattention ou d'une erreur qu'il a pu commettre même sans négligence caractérisée de sa part.

Face à la Justice de surcroît.

On conclura ainsi sur un dernier "paradoxe" :

· Douzième " paradoxe "

Le système de contrôle en route au dessus des espaces terrestres congestionné souffre à la fois d'un manque de capacité et d'un coût très élevé ; ce sont cependant les problèmes éthiques posés par le métier de contrôleur qui méritent l'attention prioritaire. L'amélioration de la capacité et des coûts en résultera comme l'heureuse conséquence de cette approche.