

- 17 -

" Le Mur de la Capacité"

(Science et Vie : 1998)





JACQUES VILLIERS

*Par suite  
d'un encombrement si  
déjà est retardé...  
Qui n'a jamais entendu  
ce message dans  
l'aérogare, dans l'avion,  
ou dans l'attente du  
décollage? Et que dire des  
avions contraints de  
faire des ronds dans le ciel  
avant de pouvoir atterrir?*

## Le « Mur de la capacité »

*Cette vue partielle d'un centre de contrôle régional en route monte, au premier plan, la position de supervision générale et, au second plan, un certain nombre de positions de contrôle.*

**E**n Europe plus de 19 % des vols sont ainsi retardés de plus de 15 minutes, parfois bien plus en raison d'un effet boule de neige sur les vols les plus courts, « en raison de l'arrivée tardive de l'appareil... ». Comment en est-on arrivé là ?

À la croissance rapide du trafic aérien se sont ajoutés les effets de la déréglementation. En effet, au moins autant que sur les tarifs, la concurrence se concrétise désormais par une course à l'accroissement des fréquences de vol et par la multiplication du nombre de départs vers une même destination au cours des heures de pointe. Pour compléter le tableau, on rappellera que près de la moitié du trafic entre

les grands pôles européens est constituée de passagers qui se croisent en vol pour aller chercher une correspondance vers une même destination finale.

L'expérience préalable américaine avait montré que tout cela était prévisible. Alors, par quel manque de cohérence dans leurs décisions ou par quelle absence de diligence, les autorités compétentes auraient-elles laissé le système se saturer ainsi ?

En ce qui concerne les grands aéroports, la raison est d'une simplicité brutale : les pistes existantes sont toutes saturées et il est bien devenu quasiment impossible d'en construire de nouvelles. On connaît les difficultés rencontrées même à Roissy-

Charles de Gaulle où, cependant, les terrains avaient depuis longtemps été réservés et les dispositions d'urbanisme prises en temps opportun.

Le contrôle de la circulation aérienne, chargé, dans les tours de contrôle, de mettre en séquence les décollages et les atterrissages, parvient efficacement à ce que les pistes disponibles soient utilisées d'une manière très proche de leur capacité optimale.

Mais les difficultés ne s'arrêtent pas là : en dépit des apparences, le ciel lui-même est saturé au-dessus des continents les plus congestionnés.

Aucune information nécessaire ne manque cependant pour permettre

## Les contrôleurs de l'espace sont saturés

Si l'information n'est pas assez précise, les nouveaux systèmes de navigation par satellites (GPS) pourraient offrir une précision meilleure que celle des moyens terrestres actuellement utilisés (VOR/DME). De même, des moyens de liaisons codées automatiques entre les calculateurs de bord (FMS) et ceux du sol n'attendent qu'un projet crédible d'utilisation effective pour être mis en place.

Ne dit-on pas aussi que c'est le manque d'unité des services de contrôle aérien en Europe qui est source de leur inefficacité, alors que les points de congestion les plus sérieux se trouvent au sein de l'espace aérien français, dont on ne peut certainement pas prétendre qu'il souffre de manque de modernisme et de cohérence ?

En fait, ce n'est pas réellement l'espace aérien qui est saturé mais le contrôleur de la circulation aérienne : au-delà d'une quinzaine d'avions qui montent, descendent et se croisent au gré de leurs itinéraires, un contrôleur ne peut plus maîtriser la situation avec sécurité.

Pour respecter cette condition, l'espace aérien en route est ainsi découpé en de très nombreux secteurs dans lesquels les avions ne séjournent guère plus d'une dizaine de minutes de vol (pour le seul espace aérien français en route, 80 secteurs de

contrôle sont ainsi répartis entre 5 centres de contrôle, qui emploient plus de 1800 contrôleurs).

Les contrôleurs sont pourtant assistés par des calculateurs qui intègrent, filtrent, corrégent, mettent en forme et affichent toute l'information disponible (plans de vol et Radar) sous la forme la plus souhaitable et au moment le plus approprié.

Mais jusqu'à présent, on ne sait pas aller au-delà ni en Europe, ni aux États-Unis. Il

n'est guère aisé en effet d'aider, en temps réel et sans le perturber, un contrôleur qui analyse en permanence les problèmes de conflit dans les quatre dimensions, élabore sa stratégie, mémorise l'information pertinente, adapte sa tactique à l'évolution de la situation et agit au moment qu'il considère le plus opportun.

Aucun projet d'assistance directe au contrôle proprement dit n'a encore abouti.

En effet, le contrôleur n'est pas tant saturé par la tâche de recherche et de résolution des conflits entre les vols que par la mémorisation de la situation et des problèmes en cours. De toute manière, il serait dans l'incapacité de trouver des solutions à une situation qu'il n'aurait pas lui-même analysée au préalable et dont il n'aurait pas mémorisé tous les éléments pertinents.

Grâce à des travaux approfondis, les processus cognitifs et psychosensoriels en cause dans la tâche du contrôleur sont de mieux en mieux connus. Il apparaît que le point le plus vulnérable concerne la capacité de mémorisation et les risques de défaillance de la mémoire à court terme.

C'est pourquoi le contrôle proprement dit a été complété par une double protection. D'une part, un service central (exercé à Bruxelles par l'Agence Eurocontrol en ce qui concerne l'Europe), filtre la totalité des vols avant décollage pour s'assurer qu'aucun secteur de contrôle ne recevra, à aucun moment, plus de vols qu'il ne peut en contrôler avec sécurité.

D'autre part, une alarme automatique (filet de sauvegarde) avertit le contrôleur de toute situation, à court terme dangereuse, en lui laissant le temps d'intervenir, tandis que, de leur côté, les avions sont protégés une seconde et ultime fois par un système coopératif air/air d'anti-collision indépendant du contrôle (TCAS).

Les propositions ne manquent pas pour aller au-delà, y compris jusqu'à l'automatisation complète du système de contrôle en route. Ne s'agit-il pas, en définitive, que d'un système de traitement de l'information ? Certes, mais il faut bien comprendre qu'un système supposé automa-

*Sur l'écran radar du contrôleur, chaque position est accompagnée de l'identité de l'avion et de son niveau de vol. Les avions évoluent selon les routes tracées sur l'écran.*



PHOTOS F. LEFF

d'écouler avec sécurité le flux des avions dans l'espace aérien en route. En effet, chaque pilote connaît à chaque instant la position de son avion (la navigation), sait où il va et comment il désire y aller (le plan de vol) et en informe le contrôle au sol (les communications). Ce dernier dispose, de surcroît, de ses moyens propres de localisation précise des avions (le radar). Comment est-il possible que la capacité du système soit insuffisante ?



Au-delà de la saturation de l'espace aérien, c'est à celle des contrôleurs aériens qu'il faut désormais faire face. Pour l'aider dans sa tâche, le Centre d'Études de la Navigation Aérienne travaille actuellement sur un projet d'ordinateur, un contrôleur virtuel, qui viendrait seconder le contrôleur.

tisé devrait l'être totalement et sans retour : il serait d'autant moins concevable de conserver des contrôleurs à ne plus rien faire que ceux-ci seraient dans l'incapacité d'agir devant une situation éventuelle d'urgence imprévue, dont ils n'auraient pas, au préalable, mémorisé tous les éléments pertinents.

Qui pourrait sérieusement envisager de concevoir, réaliser et certifier un tel système ? Les Américains l'avaient envisagé, mais ont rapidement renoncé devant l'irréalisme d'un tel projet.

### Prolonger l'intelligence humaine par la machine

Sans aller aussi loin, deux écoles antinomiques s'affrontent pour penser l'avenir. Ceux qui proposent de limiter le caractère aléatoire du système en rigidifiant les trajectoires prévues, à la manière des réseaux de chemin de fer, en tirant un meilleur parti des potentialités de tenue de route précise offertes par les calculateurs de bord modernes. Dans cette option, tout serait prévu dès le départ pour diminuer, voire annuler, toute situation conflictuelle avec un autre avion au cours du vol.

D'autres, à l'inverse, suggèrent de rendre parfaitement libres les trajectoires (« free flight »). En s'affranchissant des trajectoires sur des routes obligées, le nombre de conflits s'en trouverait certes diminué... mais la situation ne serait plus maîtrisable par un cerveau humain.

Enfin, on pourrait envisager de doter chaque avion d'un système de contrôle de

la circulation aérienne autonome et de permettre à chaque couple d'avions en conflit de trouver automatiquement la solution d'évitement optimale en toute connaissance de la présence de tout le trafic environnant.

Il y a certes des choses à prendre dans chacune de ces idées, mais les possibilités de leur mise en œuvre sont encore bien lointaines.

Entre le système dans lequel le contrôleur reste seul maître et responsable de la sécurité et un système automatique, il faudrait franchir ce qu'à l'image du « Mur du son », on a appelé le « Mur de la capacité ». On ne peut espérer pénétrer avec succès dans la zone particulièrement délicate de transition qu'avec la plus grande circonspection.

Il convient avant toute chose de bien comprendre les complémentarités mais aussi les incompatibilités, en temps réel, des performances respectives du cerveau humain et des ordinateurs. Telle est la discipline nouvelle que l'on a proposé de nommer « humanique », qui concerne le prolongement de l'intelligence humaine par des moyens électroniques ; une telle approche est en rupture avec la prise en compte *a posteriori* des « facteurs humains » pour permettre à l'homme de s'adapter au mieux à la machine.

C'est dans cette optique que le Centre d'Études de la Navigation Aérienne (France) mène, depuis de nombreuses années, des travaux qui sont sur le point de déboucher dans le projet ERATO, en

cours d'expérimentation en vraie grandeur. L'ordinateur n'est pas programmé comme un automate, mais au contraire comme un « contrôleur virtuel », à l'image de ce que fait effectivement un contrôleur humain : il est ainsi mis en mesure d'élaborer, de tenir à jour, d'organiser et d'afficher ce qu'un contrôleur réel a dans sa mémoire.

Les premières expériences montrent tout le profit que le contrôleur peut tirer d'une telle approche directement adaptée à ses besoins effectifs.

Sur une telle base, mais sur cette base seulement, il sera possible de greffer progressivement de nouvelles fonctions et d'envisager d'autres évolutions, au cours desquelles les calculateurs du sol et de bord pourront prendre en charges progressivement des processus automatisés d'évitement. La mise à profit effective des potentialités des liaisons codées, ainsi que de la meilleure précision des moyens nouveaux de navigation et de tenue de route impliquent le succès d'une telle phase préalable.

D'une manière coordonnée, sous l'égide d'Eurocontrol, les services de recherche européens travaillent sur ces sujets et n'ont rien à envier à leurs homologues américains.

Quoi qu'il en soit, le chemin sera encore long et semé d'embûches pour augmenter significativement la capacité du système de contrôle en route.

Il n'a jamais manqué de projets pour résoudre ce dernier problème. Mais  aucun n'a encore fait la preuve de sa faisabilité opérationnelle en service.

