

ITA

AUTOMATED AIR TRAFFIC CONTROL FOR AN INNOVATIVE AND EFFICIENT "SINGLE SKY" — A JOINT ROAD TO A JOINT GOAL

L'AUTOMATISATION DU CONTRÔLE DE LA CIRCULATION AÉRIENNE POUR UN « CIEL UNIQUE » NOVATEUR ET EFFICACE, COMMENT ET VERS QUOI AVANCER ENSEMBLE

Jacques Villiers

An honorary French Civil Aviation Ingénieur Général and Member of France's Académie Nationale de l'Air et de l'Espace, Jacques Villiers has, throughout his career, directly contributed to the advancement of automated air traffic control and has published many studies in this field as well as on air transport economics.

Ingénieur Général (H) de l'Aviation Civile et Membre de l'Académie Nationale de l'Air et de l'Espace, Jacques Villiers a directement contribué tout au long de sa carrière aux progrès de l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne et a publié de nombreuses études en ce domaine comme dans celui de l'économie du transport aérien.

The problem of capacity and efficiency in air traffic control is of deep concern throughout the world and is very much to the fore within the European Union, which is now determined to advance towards a single system for a "single sky".

THE CURRENT SYSTEM

Automated en-route air traffic control over congested continents has remained basically unchanged since the introduction of flight-plan and of secondary radar data processing. Except when there is a safety alert, the computer still does not take part in the control process proper.

It is true that very significant improvements have been gradually made, but the main way to expand the capacity remains to increase the number of control sectors (which have only ever been able to handle a nearly-constant number of aircraft). The limits of the system may be reached when traffic begins to grow again; in addition, the airlines, which are seeking to cut their own costs drastically, are displaying increasing concern that its productivity remains static.

AN ARCHAIC SYSTEM?

This system seems "archaic" to many observers, by the very fact that it cannot take full advantage either of GPS navigation precision or of coded air/ground communications, or of airborne flight management systems (FMS). The technical standardisation of these tools is, however, being actively pursued (ICAO's 11th Air Navigation Conference in the autumn of 2003) together with their technological development (the "Deploy" programme, which has now become the "European Master Plan/SESAME").

Le problème de la capacité et de l'efficacité du contrôle de la circulation aérienne fait partout dans le monde l'objet de profondes préoccupations et se trouve au cœur de l'actualité au sein de l'Union européenne désormais résolue à progresser vers un système unique pour un « ciel unique ».

LE SYSTÈME ACTUEL

L'automatisation du contrôle de la circulation aérienne en route au-dessus des continents à trafic congestionné n'a pas fondamentalement évolué depuis l'introduction des ordinateurs effectuant le traitement des plans de vol et du Radar Secondaire. En dehors d'une alarme de sécurité, l'ordinateur ne participe toujours pas aux processus de contrôle proprement dits.

Certes, de très significatives améliorations ont été progressivement apportées, mais c'est la multiplication du nombre de secteurs de contrôle (ne pouvant accepter depuis toujours qu'un nombre quasi-constant d'avions) qui continue à constituer la source essentielle de l'augmentation de sa capacité. Les limites du système pourraient être atteintes lorsque le trafic recommencera à croître ; par ailleurs, les compagnies aériennes, qui cherchent à réduire drastiquement leurs propres coûts, se montrent de plus en plus concernées par la stagnation de sa productivité.

UN SYSTÈME ARCHAÏQUE ?

Ce système paraît « archaïque » à bien des observateurs, du fait même qu'il ne peut tirer tout le profit ni de la précision de navigation du GPS, ni des moyens de communications air/sol codées, ni encore des ordinateurs modernes des avions (FMS). La normalisation technique de ces moyens font pourtant l'objet d'une grande activité (11^{ème} Conférence de Navigation Aérienne de l'OACI, automne 2003) de même que leur développement technologique (Programme « Deploy » devenu « European Master Plan/SESAME »).

En revanche, le doute continue à planer sur l'utilisation opérationnelle de ces puissants moyens dont chacun pressent qu'ils seront indispensables pour faire entrer le système dans

On the other hand, there are still doubts about the operational use of these powerful tools which we all know in our bones will be essential to bring the system into the “modern era”: it is necessary to understand why, despite considerable funding by both the US and the EU, no comprehensive project of this kind has ever advanced beyond the stage of preliminary studies or of disappointing simulations.

Meanwhile, the system still relies exclusively on the perceptive, cognitive and mnemonic capacities of the human brain and comes up against their unsurpassable limits.

THE CONTROLLER'S TASK

The only way to advance, therefore, is to analyse meticulously the way a controller manages to ensure in real time that some 15 or more aircraft moving through a three-dimensional airspace do not collide.

The controller's real-time task is thus extremely complex and is far from being just a continuous series of conflict-detections and resolutions, as many imagine. Currently indeed, controllers have only fuzzy and incomplete data; they must thus detect all “problematic” aircraft for which they have no means of knowing, even ten minutes in advance, whether they are really on a collision course. They must then constantly monitor the movements of each of them. With this dynamic situation in their memory, they gradually work out a strategy and tactics to take essential avoidance action, at the moment they deem most appropriate.

Optimal management of their time and of their perceptive, cognitive and mnemonic capacities plays a major part in the development of this strategy and these tactics and, more than the capacity of the airspace itself, determines the capacity limit of each sector.

It might be thought that a computer with precise data and powerful calculation capabilities might readily offer controllers “solutions”. Without going into details, it will be understood that there exists a fundamental “communications barrier” between a controller and a computer, each with different data and calculation capacities; moreover, no “solution” suggested by the computer has much chance of finding its rightful place in the controller's overall strategy, of which the computer is completely oblivious.

A NEGATIVE CLIMATE

Airlines, aircraft manufacturers and system designers find it hard to comprehend why such

la « modernité » : il est nécessaire de comprendre pourquoi, en dépit des sommes considérables dépensées aux USA comme en UE, aucun projet en ce sens et de grande envergure n'a jamais pu dépasser le stade des études préliminaires, voire de simulations décevantes.

Dans cette attente, le système repose encore exclusivement sur les capacités perceptives, cognitives et mnémoniques du cerveau humain et se heurte à leurs limites insurpassables.

LE TRAVAIL DU CONTRÔLEUR

Pour progresser, on ne peut donc pas faire l'économie de méticuleuses analyses de la manière dont un contrôleur parvient à assurer en temps réel l'anticollision de plus d'une quinzaine d'avions évoluant dans un espace à trois dimensions.

Le travail en temps réel du contrôleur est ainsi d'une rare complexité et ne ressemble en rien à ce que beaucoup supposent, à savoir une simple suite continue de détectations et de résolutions de conflits. Actuellement en effet, les contrôleurs ne peuvent bénéficier que d'informations floues et incomplètes ; ils doivent ainsi détecter tous les avions « posant problème » dont ils ne peuvent pas être en mesure d'évaluer, même dix minutes à l'avance, s'ils sont effectivement en conflit. Ils doivent ensuite surveiller en permanence l'évolution de chacun d'entre eux. Ayant en mémoire cette situation mouvante, ils élaborent de proche en proche une stratégie et une tactique dans le cadre desquelles ils prennent, au moment qui leur paraît le plus opportun, les mesures d'évitement qui s'imposent.

La gestion optimale de leur temps et de leurs capacités perceptives, cognitives et mnémoniques tient une grande part dans l'élaboration de cette stratégie et de cette tactique et, plus que la capacité de l'espace lui-même, conditionne la limite de la capacité de chaque secteur.

On pourrait imaginer qu'un ordinateur disposant d'informations précises et de moyens de calcul puissants puisse facilement proposer des « solutions » aux contrôleurs. Sans entrer dans le détail, on peut comprendre qu'il existe une « incommunicabilité » fondamentale entre un ordinateur et un contrôleur qui disposent d'informations et de moyens de calcul différents ; de surcroît, toute « solution » proposée par l'ordinateur a bien peu de chance de trouver une juste place dans la stratégie d'ensemble du contrôleur, stratégie que l'ordinateur ignore.

UNE ATMOSPHÈRE DÉLÉTÈRE

Les compagnies aériennes, les constructeurs d'avions, les concepteurs de systèmes comprennent mal pourquoi de telles potentialités de précision d'information et de capacité de calcul au sol et à bord restent encore inemployées ; ils sont prompts à en accuser les responsables du contrôle de la circulation aérienne, qui à leur tour n'admettent pas cette ingratitude tandis que les contrôleurs eux-mêmes restent en attente de dispositifs susceptibles d'alléger leur tâche et de soulager leur stress.

potential means for data precision and capacity calculation both on the ground and in-flight still remain unused; they are quick to criticise those in charge of air traffic control for this, and the latter in turn do not accept such ingratitude, whilst the controllers themselves are still lacking systems to reduce their workload and alleviate their stress. This negative climate encourages the development of "miracle solutions" which are allegedly capable of liberating the system from its blockages but which, in reality, stand in the way of far-reaching innovative change.

Famous projects have thus given birth to successive waves of hope and enthusiasm: the "all-satellite" solution, the "free flight" and the "free route" projects, the determinist "4D trajectories" system, etc... It can be shown why they all successively proved to be pious hopes and why none of them could go further than the stage of disappointing simulations without ever reaching the point where they could be tested on real traffic.

THE "AUTOMATION BARRIER"

Just like the sound barrier between subsonic and supersonic flight, the "automation barrier" divides the current manual system from possible automatic systems. The resulting "capacity barrier" has already been described in previous publications.

It would be unrealistic to bring in an entirely automatic system brutally since it would mean certificating it first in real traffic conditions, as well as equipping all aircraft fleets simultaneously with the appropriate new means. Such a change would be impossible without a long transition period during which man would remain at the centre of the system and would see his task complicated rather than simplified. It is not meaningless buzz words about taking account of "human factors" or ingenious "man/machine interfaces" that can save systems that are highly sophisticated but have been developed with no thorough knowledge of the very complex perceptive, cognitive and mnemonic processes in the controllers' brains.

No significant advance can be expected without joint work, right from the design stage, by a closely integrated team of cognitive experts, controllers and engineers.

Like the list drawn up by Airbus for piloting modern aircraft, a list of "Ten Commandments" must be laid down to ensure in advance that any project will be of real help to controllers... without any risk of disturbing their train of thought and their mnemonic processes.

Cette atmosphère délétère est propice à la floraison de « solutions miracles » prétendues capables de faire sortir le système des blocages qui, en fait, s'opposent à toute profonde évolution novatrice.

De fameux projets ont ainsi fait naître successivement espoir et enthousiasme : le « tout satellite », le « free flight » et le « free route », la « navigation 4D » déterministe, etc... On peut démontrer pourquoi ils se sont tous successivement révélés être des vœux pieux et qu'aucun d'entre eux n'ait pu dépasser le stade de simulations décevantes et encore moins d'essais probatoires avec du trafic réel.

LE « MUR DE L'AUTOMATISATION »

Un « mur de l'automatisation », comme par le passé le « mur du son » entre le vol sub et super-sonique, sépare le système manuel actuel d'éventuels systèmes automatiques. Le « mur de la capacité » qui en résulte a déjà été décrit dans des publications antérieures.

La brutale mise en œuvre d'un système entièrement automatique est irréaliste puisqu'elle supposerait sa certification préalable en trafic réel, ainsi que l'équipement simultané de toutes les flottes d'avions avec les nouveaux moyens appropriés. Un tel franchissement ne pourrait pas se faire sans une longue transition au cours de laquelle l'homme restera au centre du système et aurait sa tâche plus compliquée que simplifiée. Ce ne sont pas des slogans creux de prise en compte des « facteurs humains » ou de judicieuses « interface homme/machine » qui permettront de rattraper des systèmes à l'ingénierie sophistiquée, mais conçus en l'absence d'une connaissance approfondie des très complexes processus perceptifs, cognitifs et mnémoniques mis en œuvre par les contrôleurs.

Aucune avancée significative ne saurait être attendue sans le travail en commun, dès la conception, d'une équipe soudée formée de cognitivistes, de contrôleurs et d'ingénieurs.

À l'image de celle qui a été mise au point par Airbus pour le pilotage des avions modernes, une charte de « Dix Commandements » doit être proposée pour assurer, à l'avance, que tout projet pourra aider effectivement les contrôleurs ... sans risque de perturber le déroulement de leur pensée ou leurs mémorisations en cours.

ERATO : UNE PREMIÈRE BRÈCHE

C'est dans un tel esprit que le système, dit ERATO a été étudié et expérimenté par le Centre d'Étude de la Navigation Aérienne en France (et est en cours de développement en vue de son expérimentation opérationnelle) ; il constituera une première « brèche dans le mur de l'automatisation » : l'ordinateur assistera les contrôleurs pour leur permettre d'extérioriser la liste des « problèmes » qu'ils ont détectés puis la leur présenter à leur convenance sur leurs écrans. Leur « mémoire opérationnelle » en sera d'autant déchargée, la gestion de leurs tâches facilitée et la coordination entre eux améliorée.

ERATO: A FIRST BREAKTHROUGH

It is with this in mind that the system known as ERATO was devised in France and tested by the Centre d'Étude de la Navigation Aérienne (and is being developed for its operational experimentation); it will be the first breakthrough in the "automation barrier": the computer will help controllers by enabling them to write down the list of "problems" they have detected and by displaying it for them on their screens when they want. This will relieve their "operational memory" accordingly, facilitate the management of their tasks and improve co-ordination between them.

A DOOR TO BE OPENED: "SUBLIMINAL CONTROL"

If we want to go further and really bring the computer into the control processes, we rapidly come up against not only the difficulties described above but also an unavoidable requirement: in a given space, there can be only one decision-maker.

It is, however, possible to bypass the difficulty by exploiting a hitherto unnoticed opportunity: the fuzzy environment in which controllers work is an area of autonomy in which the computer can act on traffic without interfering with the controllers.

This area offers invaluable margins for manoeuvre; for example, a slight variation in an aircraft's speed, imperceptible to the controller, can be sufficient to prevent a latent conflict between two aircraft as only 5 nautical miles' separation is required when their trajectories cross.

What can therefore be called "subliminal control" can take advantage of all the precision of modern navigation tools (GPS and Galileo), the potentialities of in-flight computers (FMS) and of automatic data links (and thus putting an end to the uncertainties surrounding their operational implementation).

The computer will be able not only to detect "false problems" resulting from the controller's fuzzy view of the situation, but, beyond this, to resolve many problems automatically, thus reducing very considerably the number of residual problems remaining for the controller to deal with.

The door thus opened gives access to many other applications, whose description and details of possible implementation go beyond the scope of this study.

We cannot, however, fail to note that it will become possible to take advantage of the full potential offered by ERATO, in addition to its own

UNE PORTE À OUVRIR : LE « CONTRÔLE SUBLIMINAL »

Pour aller plus loin et faire entrer effectivement l'ordinateur dans les processus de contrôle, on se heurte, non seulement aux problèmes décrits ci-dessus mais aussi à un impératif incontournable : dans un espace donné, il ne peut y avoir qu'un seul décideur.

Il est cependant possible de tourner la difficulté en exploitant une opportunité jusqu'alors passée inaperçue : le flou, dans lequel travaille le contrôleur, constitue un espace d'autonomie dans lequel l'ordinateur peut agir sur le trafic sans interférer avec les contrôleurs.

Cet espace offre de précieuses marges de manoeuvre ; en effet, une très faible variation de vitesse des avions, non perceptible par les contrôleurs, peut suffire à supprimer un conflit latent entre deux avions puisque la séparation exigée n'est que de 5 milles nautiques au moment du croisement de leurs trajectoires.

Ce qu'on peut ainsi appeler le « contrôle subliminal » permettra de bénéficier de toute la précision des moyens de navigation modernes (GPS et Galiléo), des potentialités des ordinateurs de bord (FMS) et des liaisons automatiques de données (et mettre ainsi fin à l'incertitude concernant le volet opérationnel associé à leur mise en œuvre).

L'ordinateur pourra non seulement détecter les « faux problèmes » résultant de la vision floue des contrôleurs, mais encore et au delà, il pourra résoudre automatiquement de nombreux problèmes, réduisant ainsi dans une très large mesure les problèmes résiduels qu'il restera au contrôleur à prendre en considération.

La porte ainsi ouverte permettra d'accéder à de nombreuses autres applications, dont la description et les détails de mise en œuvre possible n'entrent pas dans le cadre de cette étude.

On ne peut toutefois manquer de noter qu'il deviendra possible de tirer profit de toutes les potentialités qu'offre ERATO, en plus de ses mérites propres : l'ordinateur, informé de la vision des contrôleurs dans l'environnement cognitif qui est le leur, sera en mesure de pressentir l'assistance qu'il est susceptible de leur apporter à chaque instant et de faciliter la communication avec eux.

UNE NOUVELLE PERSPECTIVE

La perspective ouverte par les analyses et propositions qui précèdent est de nature à permettre de concevoir un projet :

- fédérateur : les études et expérimentations déjà effectuées par les uns et les autres et qui, pour les raisons exposées ci-dessus, n'ont pas réussi jusqu'alors à déboucher sur des solutions effectives pourront y trouver leur place. Ces mêmes études pourront aussi fournir les moyens de procéder rapidement à une étude de la faisabilité du concept de « contrôle subliminal », à l'évaluation de son efficacité, puis contribuer à préparer

merits: informed of the controllers' view within their cognitive environment, the computer will be able to judge the assistance it can give them at any moment and to facilitate communication with them considerably.

A NEW PROSPECT

The prospect opened up by the above-mentioned analyses and proposals might lead on to developing a project that would be:

- a unifying force: the studies and experiments already carried out here and there — which, for the reasons explained above, have not so far led to effective solutions — could be included. These same studies may also provide means to rapidly study the feasibility of the “subliminal control” concept, to evaluate its effectiveness and to help to prepare its experimentation with controllers not only to prove its effective operational validity, but also to see how the controllers make use of the tools offered to them;
- progressive: airlines will be encouraged to adopt the necessary equipment, as each of them will be sure to derive immediate benefit from it;
- adaptable over time: by equipping a growing number of aircraft and experiencing its potential operational advantages, the way will be open for more through-going automation, helping controllers at every stage of their work in an increasingly user-friendly way.

The possibilities offered by these new tools will also make it possible to delegate “subliminal” actions or other tasks to the airborne computers, and thus provide an extra degree of safety should the ground systems fail.

This line of thought brings out the reasons why the current system is supposed to be archaic and also why current research on aircraft conflicts and conflict resolution is ineffective: the real problem is to find a way to use all the data that is already, or likely to become, available.

TOWARDS A EUROPEAN SYSTEM

More specifically within the European Union, the en-route control systems in use by each Member State are now practically identical (they have all reached more or less the same stage of development)... but they are almost all different (most were developed independently from one another). They are also “inter-operable”.

l'expérimentation avec des contrôleurs non seulement pour en confirmer la validité opérationnelle effective, mais aussi pour voir comment ceux-ci s'approprièrent les moyens qui leur sont proposés ;

- progressif : les compagnies aériennes seront incitées à s'équiper de la manière nécessaire, puisque chacune d'entre elle sera assurée d'en tirer un bénéfice immédiat ;
- évolutif : l'équipement de plus en plus d'avions ainsi que la pratique des avantages opérationnels qui peuvent en être tirés ouvriront la voie à une automatisation de plus en plus approfondie facilitant, à tous ses stades, le travail des contrôleurs et de plus en plus conviviale à leur égard.

Les possibilités offertes par ces nouveaux moyens permettront de surcroît de sub-déléguer aux ordinateurs de bord les actions « subliminales » ou autres, et offrir ainsi un degré supplémentaire de sécurité en cas de panne au sol.

La démarche proposée permet de comprendre les raisons de l'archaïsme supposé du système actuel mais aussi de l'inefficacité des recherches qui se sont fixé pour but de résoudre les conflits entre les avions : le vrai problème est de trouver le moyen de tirer tout le parti de l'information déjà disponible ou susceptible de le devenir.

VERS UN SYSTÈME EUROPÉEN

Pour ce qui concerne plus spécifiquement l'Union européenne, les systèmes de contrôle en route dans chacun des États membres sont actuellement quasi-identiques (ils sont tous plus ou moins arrivés au même stade d'évolution) ... mais ils sont presque tous différents (ils ont pour la plupart été développés indépendamment les uns des autres). Ils sont aussi inter-opérables.

L'espoir de « repartir à zéro » avec un système commun est manifestement illusoire. On peut toutefois escompter que des progiciels élaborés en commun (traitement des plans de vol, du Radar, des visualisations ...), permettront petit à petit de parvenir à une meilleure homogénéité et notamment à des coûts allégés de maintenance de logiciels.

La véritable convergence ne pourra cependant découler que d'une vision commune de l'avenir et d'une démarche bien balisée pour la concrétiser ce qui, pour l'heure, n'existe ni en Europe ni aux États-Unis.

Il est tentant de rappeler que le grand succès d'Airbus a été conquis non seulement grâce à une volonté commune, mais plus encore, au choix d'un projet réellement ambitieux et novateur.

L'opportunité pour l'Europe semble n'avoir jamais été aussi prometteuse pour construire son « ciel unique » et pour conquérir en ce domaine une position industrielle indépendante, et pourquoi pas dominante.

The hope of “starting again from scratch” with a common system is obviously an illusion. It can, however, be confidently expected that jointly developed software (flight-plan handling, radar, display...), will gradually lead to greater standardisation and in particular to lower software maintenance costs.

Total convergence will only be possible, however, through a single vision of the future and a clearly marked out path to putting into practice what, for the moment, exists neither in Europe nor in the United States.

It is tempting to recall that Airbus’ great success derives not only from a common will, but even more from the choice of a truly ambitious and innovative project.

Europe has never had such a promising opportunity to build its “single sky” and to win for itself an independent — and why not a dominant — industrial position in this field.

It is hoped that this analysis and the prospects it opens will contribute to the adoption of a joint multi-disciplinary vision involving the whole of the air transport industry to come up with a user-friendly way of tackling the “capacity barrier”.

It is up to the reader to judge for himself. ●●●

This article is a summary of a study by the same author to be published shortly by the Institute of Air Transport in the «ITA Studies and Reports» collection.

By the same author:

- “La méthode des filtres”, Institut Français de Navigation (1968)
- “The capacity barrier”, ITA magazine 59 and 60 (1990)
- “Competition and Efficiency. Which Policy for which Objectives for European Air Transport?”, ITA Studies and Reports, Vol. 23, 1991
- “An overview of air transport in Europe”, ITA Studies and Reports, Vol. 34, 1994

On espère que les analyses ci-dessus proposées et les perspectives ainsi ouvertes pourront contribuer à l’élaboration d’une vision commune mobilisant tous les acteurs et toutes les disciplines pour affronter d’une manière conviviale le « mur de la capacité ».

C’est au lecteur d’en juger. ●●●

Cet article constitue le résumé de l’étude du même auteur qui va bientôt être publiée par l’Institut du Transport Aérien dans la collection « ITA Études et Documents ».

Quelques références du même auteur :

- « La méthode des filtres », Institut Français de Navigation (1968)
- « Le Mur de la Capacité », ITA magazine N° 59 et 60 (1990)
- « Concurrence et efficacité : quelle politique européenne de transport aérien ? », Études et Documents ITA, Vol. 23, 1991
- « Regard sur le transport aérien européen », Études et Documents ITA, Vol. 34, 1994

INSTITUTE OF AIR TRANSPORT

INSTITUT DU TRANSPORT AÉRIEN

103 rue La Boétie, 75008 Paris,
France

Tel/Tél : +33 (0)1 43 59 38 68

Fax : +33 (0)1 43 59 47 37

<http://www.ita-paris.com>