

LE CONTROLE DU TRAFIC

AUTOMATISATION DU CONTROLE DE LA CIRCULATION AÉRIENNE : « DE LA DÉCISION ET DE L'AIDE A LA DÉCISION » (1)

par Jacques VILLIERS

INGÉNIEUR GÉNÉRAL DE L'AVIATION CIVILE

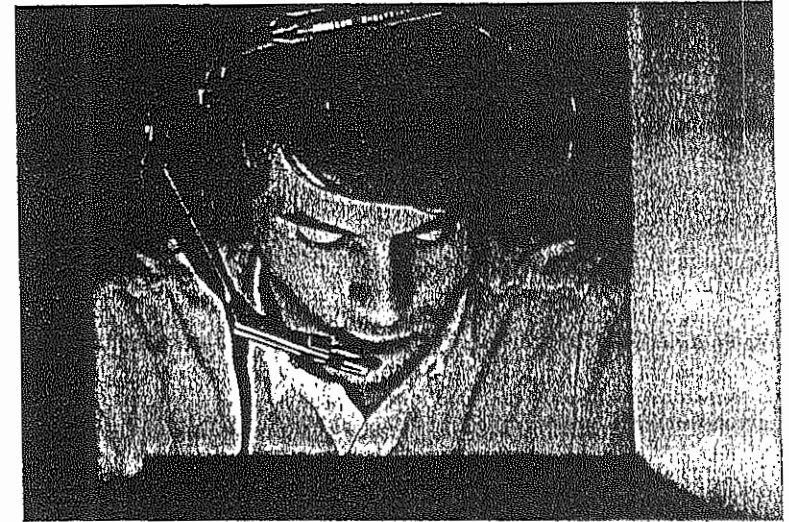


Fig. 1 — Contrôleur de la Circulation Aérienne au travail (Photo Abegg)

1 L'expérience acquise dans l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne est intéressante à plus d'un titre, et pas seulement en raison de l'ampleur et de la diversité des problèmes originaux et délicats que cette application a soulevés et qu'il a été nécessaire de résoudre simultanément.

(1) Exposé présenté au Congrès « L'Homme et l'Informatique » organisé par l'Institut de la Vie, Bordeaux, 1972.

Il a fallu concevoir et développer des moyens nouveaux d'acquisition, de traitement et de visualisation de l'information et les connecter à des calculateurs universels pour lequel un « software temps réel » volumineux et complexe a dû être rédigé et mis au point sans interrompre l'exploitation.

Mais c'est surtout au niveau de la conception d'ensemble que se sont posés les problèmes les plus angoissants puisque les grandes options conditionnant le succès ou l'échec de l'entreprise ont dû être prises sans qu'aucune expérience ait pu être acquise préalablement.

Le calculateur et les hommes étaient destinés à coopérer en temps réel d'une manière aussi harmonieuse que possible pour optimiser le système de traitement de l'information moderne que l'on se proposait de réaliser. Il était donc crucial de s'interroger en profondeur sur le rôle respectif qu'on entendait leur faire jouer.

2 Exposer les détails de cette expérience et des solutions retenues ne présenterait pas, hors d'un cercle de spécialistes, un intérêt majeur.

Ces travaux revêtent un caractère beaucoup plus général qu'il n'apparaît à première vue, notamment dans le domaine des relations homme/machine. Les résultats obtenus éclairent en particulier d'une manière intéressante tous les problèmes impliquant des relations entre le « décideur » et ceux qui sont chargés d'élaborer les « aides à la décision ».

Car, le Système de Contrôle de la Circulation Aérienne n'est autre, dans sa finalité même, qu'un Système de Management (du Trafic Aérien) parmi d'autres, si ce n'est que la contrainte « temps réel » s'y exerce d'une manière particulièrement dictatoriale (temps de réaction aux sollicitations réduit à quelques secondes).

« Automatiser » le contrôle de la circulation aérienne consistait donc, en fait, à mettre en œuvre un système « d'aide à la décision ».

C'est sous cet angle que nous analyserons notre expérience et que nous tenterons ensuite de détecter si elle n'a pas été riche d'enseignement dans un domaine qui dépassait largement son champ spécifique.

3 Jetons donc tout d'abord un regard sur le Système de Contrôle de la Circulation Aérienne considérée comme un Système de prise de décisions :

Le « décideur » est le contrôleur de la circulation aérienne, ou plutôt un groupe de contrôleurs (une cinquantaine d'agents travaillant simultanément dans un grand Centre de Contrôle) dont chacun prend des décisions interdépendantes.

L'objectif de la décision est l'écoulement sûr et efficace du trafic aérien : chaque contrôleur décide en temps réel, pour les dix à vingt vols qui lui sont confiés simultanément, les mesures éventuelles à prendre pour assurer la fluidité du trafic et éviter toute collision.

l'information (corrélations, mémorisations, prévisions, tests logiques, ...), informer (ceux à qui s'adressent les décisions, ceux dont l'action est influencée par ces décisions...).

On le voit donc : malgré ses apparences originales et spécifiques, rien ne différencie fondamentalement cette entreprise de toute autre entreprise.

4 Avant de tenter de généraliser notre expérience, essayons d'abord d'en rendre compte d'une manière sommaire.

4,1 Il a d'abord fallu se poser la question de savoir si l'automatisation de la décision pouvait être poussée à un point tel que la machine devait remplacer l'homme.

La réponse à cette question essentielle conditionne d'une manière strictement fondamentale toute la conception du Système.

Si elle est positive, il n'est plus nécessaire de s'embarrasser des problèmes de relation homme/machine et toutes les options peuvent être prises en conséquence.

Dans le cas contraire, par contre, il convient non seulement de prendre acte du fait que l'homme reste utile, mais encore et surtout de déterminer pourquoi il en est ainsi et de tirer toutes les conséquences de ce fait, ce qui exige une analyse méthodique des aptitudes spécifiques de l'homme qui sont jugées irremplaçables.

Dans le cas du contrôle de la circulation aérienne l'automatisme intégral n'est pas envisageable pour des raisons liées à la technique à la fiabilité et surtout liées au fait qu'on ne sait pas développer (en raison de sa complexité) un software fiable et universel pouvant en toute circonstance agir aussi bien et d'une manière aussi sûre que l'homme sait le faire.

Dès que l'on s'interroge sur la spécificité du contrôleur, on ne manque pas de constater qu'il est, en fait, un professionnel entraîné au cours d'un long processus continu de formation et d'expérience (3 à 5 ans pour obtenir une pleine qualification); le contrôleur s'est ainsi forgé une sorte de « modèle implicite » qui lui permet de réagir avec un temps de réponse très faible à toutes les sollicitations auxquelles il est soumis dans le Système.

Bien entendu, nous ne démontrons pas ici l'existence d'un tel « modèle implicite » mais nous admettons pour évident que le mode de fonctionnement du cerveau est fondamentalement différent du mode séquentiel de la pensée logique explicite (et donc du mode de fonctionnement des calculateurs) par la seule constatation de l'extrême rapidité de certaines réponses globales du cerveau en dépit de la lenteur relative (par rapport à celle des calculateurs) des processus physico-chimiques qui s'y déroulent.

Inversement on constate l'extrême difficulté de concevoir et de

Coupler — et en temps réel de surcroît — deux modes de traitement de l'information aussi fondamentalement différents est d'autant plus une gageure qu'il n'existe pas de « langage » de communications entre eux !

Il convient alors de préserver à tout prix cet acquit et de faire en sorte que l'automatisation *facilite* le travail du contrôleur et s'insère dans ses mécanismes de « fonctionnement » psycho-sensoriel sans les altérer ou risquer d'en réduire les performances. Une première étape conduit donc à peser avec le plus grand soin la dévolution à chacun des deux composants homme et machine de leurs fonctions complémentaires respectives dans le « Système hybride » que l'on se propose de concevoir.

Dans un stade ultérieur d'évolution, la pratique du Système doit alors permettre à l'homme de se faire une expérience d'un nouveau type qui permettra à son « modèle » d'évoluer et à l'automatisation d'entrer dans une deuxième phase plus avancée.

Respecter l'homme jugé irremplaçable constitue un objectif indispensable au succès de l'entreprise et louable de surcroît du point de vue humaniste.

4.2 Ce principe, une fois posé, se heurte immédiatement pour son application à un obstacle majeur provenant de la contradiction qu'il recèle et dont il convient de mesurer toute l'ampleur.

Il est impossible, en effet, de savoir comment « fonctionne ce modèle implicite » du contrôleur, car si on pouvait le savoir on n'aurait pas répondu par la négative à la question de base initiale, puisqu'aucun obstacle n'aurait empêché de remplacer le contrôleur, dont les mécanismes étaient supposés connus, par des automatismes dûment programmés en conséquence.

L'expérience faite avec les contrôleurs a montré, comme on pouvait s'y attendre que si l'observateur extérieur ne peut pas analyser les processus psycho-sensoriels en cause, le contrôleur lui-même n'est pas non plus capable d'en rendre compte. C'est tout le fossé qui existe entre le « savoir faire » et le « faire savoir », l'intuition et la rationalisation.

Le caractère strictement « temps réel » du Système ajoute à l'extrême difficulté qui s'attacherait pour le contrôleur à s'observer lui-même lorsqu'il est à l'œuvre. Outre le peu de chance de succès de cette tentative, il y a tout lieu de penser que le fait même de cette auto-observation (comme il en est de l'introspection) altérerait le phénomène et, en tout cas, empêcherait de le saisir dans toute sa richesse et dans toutes ses dimensions.

À ces obstacles fondamentaux s'ajoutent ceux qui découlent de la difficulté de communication entre ceux qui vont concevoir le Système et les contrôleurs qui en bénéficieront : formations et expériences passées fondamentalement différentes et, même et surtout, langage différent.

4.3 Cette barrière d'incommunicabilité constitue un obstacle majeur qui peut être fatal au succès du projet, si on veut l'ignorer, le sous-estimer, ou le contourner. Il convient de l'analyser et de l'attaquer de front.

La chance a voulu qu'une équipe de psychologues a bien voulu s'intéresser à ce problème en raison de son caractère de grande généralité et participer ainsi indirectement, mais activement, à la conception du nouveau Système en développant une méthodologie susceptible de permettre l'analyse du travail intellectuel des contrôleurs et la révélation progressive, à ces derniers, des aspects essentiels des mécanismes et processus acquis.

De nombreux contrôleurs ont été passionnés par ces travaux, ce qui a permis, après une longue période d'analyse et d'expérimentations, de faire de rapides progrès.

Les premiers résultats ont fait apparaître une dispersion inattendue dans les méthodes employées par les divers contrôleurs : dispersion provenant de l'hétérogénéité de la formation (formation « sur le tas » où les « anciens » forment les « nouveaux », au cours de plusieurs années de travail en commun sur des positions de contrôle).

Il n'est pas possible de rendre compte en quelques mots des résultats de ces recherches et de toutes leurs conséquences. On mesurera le travail accompli au fait, auquel on n'avait pas eu la prétention initiale de s'attendre, que l'équipe de contrôleurs assistée par les psychologues a mis au point un véritable enseignement du type « enseignement programmé » pour de nombreuses fonctions du contrôle que l'on ne pouvait à juste titre considérer comme enseignables que par l'acquisition de l'expérience.

L'outil permettant de rompre le cercle vicieux initial était ainsi forgé et permettait d'aborder les premières étapes de la réalisation du Système ainsi que les étapes de progrès continus qui ont succédé à la première mise en service.

On se doute de la richesse des informations qui ont pu ainsi être acquises tout au long du processus de conception et de réalisation du Système et qui ont tout autant bénéficié au Système de base initial qu'à la technique d'automatisation partielle qui a été développée.

Dix ans après les premiers halbutements, ingénieurs, contrôleurs et psychologues constituent une équipe au sein de laquelle les uns et les autres se valorisent mutuellement pour parvenir à une compréhension chaque jour plus raffinée du problème *global* auquel elle s'est attaquée.

Il n'est pas étonnant dans ces conditions que, malgré les moyens de recherche relativement très limités dont elle était dotée, cette équipe soit parvenue à des résultats positifs, rapides et fructueux, qui n'ont pas encore, à ce jour, d'équivalent ailleurs. Certains échecs retentissants enregistrés à l'étranger dans ce domaine ont eu pour origine l'une des deux erreurs qui a consisté, soit à confier à l'ingénieur le soin de concevoir *a priori* le Système global, soit au contrôleur la tâche de le définir.

Ce n'est que de la symbiose que peut naître peu à peu une compréhension nouvelle mutuelle des problèmes.

S'il ne nous est pas possible de rendre compte du détail des réalisations qui ont résulté de ces travaux, il paraît néanmoins intéressant de rappeler un certain nombre d'écueils auxquels on a soigneusement tenté d'échapper, pour éviter à tout prix de perturber le contrôleur. S'il est difficile de l'assister, il existe mille moyens de le gêner dans l'exercice de son action, par exemple :

- en présentant trop d'informations;
- en présentant des informations trop tôt ou trop tard par rapport à l'usage qui en est fait;
- en présentant des informations sous une forme qui ne correspond pas à celle qu'utilise le « modèle implicite » du contrôleur;
- en présentant des informations qui, pour une raison ou une autre, pourraient paraître suspectes aux yeux du contrôleur;
- en exigeant une participation active en temps réel (done consommatrice de temps et d'effort) de la part du contrôleur pour l'acquisition d'informations à son profil ou, ce qui est pire, au profit du calculateur;
- en exigeant une participation quelconque du contrôleur à des moments qui lui soient imposés.

Les options prises et le respect de ces conditions ont conduit à un extrême dépouillement des solutions retenues; on n'a jamais hésité à sacrifier certains types d'assistance au contrôleur pour lesquels la preuve n'a pas pu être administrée que le bilan bénéfique/tâches induites n'était pas largement positif.

Les réflexions sur ce sujet ont, en particulier, abouti à imaginer et développer un nouveau moyen de dialogue bilatéral intégré entre l'homme et la machine (qu'on a appelé Digitaltron) qui a permis d'ouvrir de nouvelles voies fructueuses dans ce domaine.

5 Tout au long de cet exposé, le lecteur n'a pas manqué de percevoir que l'expérience ainsi brièvement relatée présente bien un caractère de grande généralité.

Dès qu'un problème « d'aide à la décision » se pose, le jeu se joue au moins à deux : celui qui finalement décide (le manager), celui qui conçoit et réalise le système d'aide à la décision; le calculateur, ce troisième larron, n'est qu'un outil qui, pour être parfois rebelle ou balourd, n'en est pas moins à la disposition servile de ces deux protagonistes.

La même question fondamentale subsiste : le manager est-il utile à la décision, ou celle-ci peut-elle être prise à l'issue d'études et de processus automatiques, c'est-à-dire à la suite de processus dont la conception et la réalisation échappent au manager ?

Là encore, si ce dernier est jugé indispensable à la qualité de la décision, c'est avant tout à la spécificité de ses performances qu'il

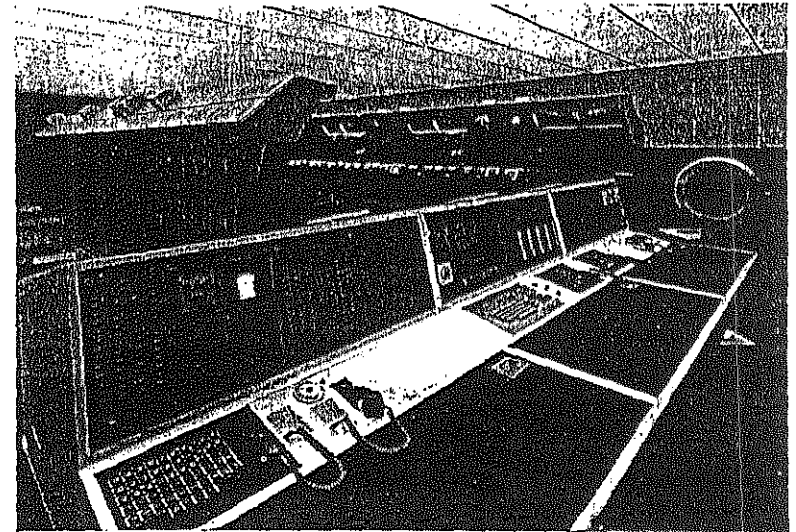


Fig. 2. -- Nouvelle salle de contrôle du Centre de Contrôle Régional Nord

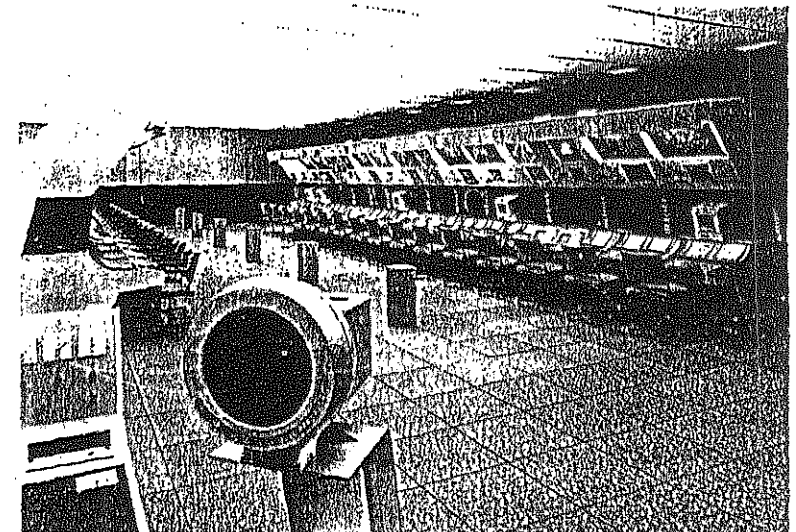


Fig. 3. -- Position Supervision

convient d'adapter le Système et non pas le contraire (du moins tant que la boucle n'a pas été amorcée). La même contradiction fondamentale barre la route : comment savoir ce qui est nécessaire au manager dès lors qu'on ne connaît pas et qu'on ne saurait connaître le « modèle implicite » qu'il s'est forgé par une longue expérience et par lequel il élabore ses décisions en intégrant une quasi infinité de facteurs objectifs et subjectifs, et des informations accumulées dans une multiplicité de domaines techniques, économiques, et (ce qui devient de plus en plus déterminant) dans le domaine des sciences humaines (sociologie, psychologie).

Peu importe que l'on nomme ces qualités spécifiques intuition, sagesse, expérience, esprit de synthèse, finesse, spontanéité, il convient tout d'abord de les préserver, ce qui n'implique nullement qu'on doive les considérer, loin de là, comme infaillibles, ni qu'il soit impossible de leur forger un nouveau cadre et de nouveaux moyens pour s'exercer.

La solution ne peut que s'élaborer lentement par une longue collaboration intime et patiente entre ceux qui prennent les décisions et ceux qui ont pour tâche de les préparer.

Toute autre approche ne peut conduire qu'à la déception d'un des deux partenaires (ou groupes de partenaires) : la frustration de celui dont les études ne sont pas suivies d'effet ou, ce qui serait sans doute pire, la stérilisation du décideur par des sollicitations inadéquates susceptibles :

— au mieux de lui faire perdre un temps précieux (s'il se consacre, au détriment d'autres tâches, à la lecture de volumineux rapports ou s'il écoute complaisamment des explications données dans un langage qui ne lui est pas familier);

— au pire de lui faire perdre le bénéfice de ses aptitudes laborieusement acquises (dans la mesure où les modèles qui sont utilisés et les informations qui lui sont présentées sont incompatibles avec le « modèle implicite » du décideur, sans que les communications et les ponts nécessaires aient été établis entre eux).

Ce type de problème se pose, en fait, dans toute Entreprise et d'une manière encore plus préoccupante, au niveau des grandes structures de l'État au sein desquelles l'incommunicabilité entre la « technostructure » et le « pouvoir », de même qu'entre chacun d'entre eux avec « l'opinion publique » est à l'origine de l'opprobre qui affecte justement la « technocratie » mais qui ne toucherait pas pour autant une « technostructure » qui utiliserait ses propres moyens pour se doter d'outil de dialogue efficace (et d'abord d'un langage) avec ceux au profit desquels elle exerce son activité.

Il n'y a pas de formule magique; la solution ne peut naître que d'une volonté mutuelle de compréhension et de coopération et d'une lente, longue et puissante maturation susceptible de faire tomber les barrières qui s'opposent à la communication entre les hommes.

Entre les deux maux que sont la technophobie et la technocratie, il existe une voie royale... mais une porte étroite pour y accéder.

L'« esprit de géométrie » dispose aujourd'hui des moyens plus puissants pour s'exercer, que « l'esprit de finesse » pour se développer. Marier l'un et l'autre au sein d'équipes modernes, c'est tenter de retrouver « l'honnête homme » et de lui donner des moyens d'investigation et d'action à la mesure des besoins et des aspirations de notre époque.

BIBLIOGRAPHIE

- J. VILLIAMS. — *Perspectives pour le contrôle de la circulation aérienne dans les phases avancées d'automatisation « La méthode des filtres »*. NAVIGATION, n° 61, janvier 1968, pp. 15-39.

