



Analyse diagnostique du systeme d'assistance informatisee du poste prevol (Tour de controle d'Orly et de Roissy)

J.C. Sperandio

► To cite this version:

J.C. Sperandio. Analyse diagnostique du systeme d'assistance informatisee du poste prevol (Tour de controle d'Orly et de Roissy). RT-0009, INRIA. 1982, pp.27. inria-00070145

HAL Id: inria-00070145

<https://inria.hal.science/inria-00070145>

Submitted on 19 May 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CENTRE DE ROCQUENCOURT

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
B.P. 105

78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél: 954 90 20

Rapports Techniques

N° 9

ANALYSE DIAGNOSTIQUE DU SYSTÈME D'ASSISTANCE INFORMATISÉE DU POSTE PRÉVOL

(TOURS DE CONTRÔLE D'ORLY ET DE ROISSY)

Jean-Claude SPERANDIO

Février 1982

ANALYSE DIAGNOSTIQUE DU SYSTEME D'ASSISTANCE
INFORMATISEE DU POSTE PREVOL

(Tours de contrôle d'ORLY et de ROISSY)

Jean-Claude SPERANDIO

Novembre 1981

C.O. 81 11 R 68



PAPIER RECUPERE ET RECYCLE

Résumé Dans ce rapport, sont analysées les principales imperfections d'un système de planification de décollages assisté par ordinateur et utilisé depuis plusieurs années dans les aéroports d'ORLY, LE BOURGET et ROISSY. On met en évidence que le défaut majeur de ce système est de ne pas prendre en compte directement la planification de certains vols régulés par un autre organisme (CORTA). Le contrôleur serait mieux assisté par un système vérifié assurant l'homogénéité du calcul des décollages, au lieu de deux systèmes indirectement connectés. D'autres améliorations visant une meilleure précision et le confort de l'opérateur sont suggérées.

Abstract In this report, the major defects of a computer assisted system are analysed. This system, used several years in ORLY, LE BOURGET and ROISSY AIRPORTS, helps in the planning of the take-off. The main defect is the lack in considering directly the take-off schedules for some aircraft which are regulated by another control organisation (CORTA). It is suggested to provide the controller with an unified system computing homogeneously all take-off instead of two indirectly connected systems. Other recommendations are offered concerning a more precise service and the operator's confort.

INTRODUCTION

Cette étude, financée par le Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne, entre dans le cadre de la redéfinition du système d'assistance par ordinateur du poste PREVOL à ORLY, ROISSY et LE BOURGET. Le système actuel, qui fonctionne depuis une dizaine d'années, assure le calcul en temps réel des heures de décollages (le principe de fonctionnement et les modalités opératoires sont précisées plus loin).

Depuis quelques temps, des dysfonctionnements sont apparus qui ont donné lieu à des réaménagements partiels. L'objectif de la présente étude est de faire le point sur l'ensemble des dysfonctionnements, examinés sous l'angle des contrôleurs qui utilisent le système et qui, par conséquent, en sont à la fois les serviteurs et les bénéficiaires.

Nous avons réalisé une série d'observations et d'entretiens sur place avec les contrôleurs habitués à tenir le poste PREVOL ainsi qu'avec les chefs d'équipe, entre octobre 1981 et octobre 1982. Nous traiterons ici conjointement les situations d'ORLY et de ROISSY car les différences constatées sont mineures, en remarquant, toutefois, que l'incidence opérationnelle de certaines des imperfections observées peut varier entre les deux aéroports, compte tenu des différences relatives aux pointes de trafic, aux conditions d'encombrement et de gestion de la plateforme et des pistes, aux trajectoires de sortie et aux types de vol et surtout aux taux de vols soumis à des allocations de créneaux de décollage.

En effet, il est manifeste que l'imperfection majeure du système d'assistance actuel provient du fait que celui-ci n'est pas directement informé des limitations de trafic imposées en aval par les centres de contrôle ultérieurs. Malgré un aménagement réalisé (procédure DC Spécial), le système reste défectueux sur ce point.

Les premières conclusions de notre analyse ont fait l'objet d'une courte note (SPERANDIO et NOBEL, février 1981) qui est reprise en substance dans le présent rapport et complétée. Les imperfections observées sont répertoriées et analysées en 3 catégories :

- l'intégration indirecte des vols soumis à l'allocation préalable d'un créneau de décollage par la CORTA⁽¹⁾,
- le dialogue PREVOL - CAUTRA,
- le poste de travail PREVOL.

Tout d'abord, nous présentons brièvement les grandes lignes de la logique de fonctionnement du PREVOL et les modalités opératoires.

2. - PRESENTATION DU TRAVAIL DU CONTROLEUR PREVOL

2.1. - Logique de fonctionnement du poste PREVOL

Le poste PREVOL est situé juste en amont du contrôleur SOL. Son but est de déterminer pour chaque vol le moment du début du processus (mise en route des moteurs, roulage, décollage) qui soit le plus possible compatible avec la capacité d'accueil du système de contrôle aérien en aval, afin de minimiser les attentes au sol des avions moteurs en marche. Cette capacité d'accueil est variable d'un moment à l'autre et s'exprime par des contraintes de différentes natures, provenant de différents organismes. Principalement, il faut distinguer :

- a) les contraintes aéroport. Elles proviennent des caractéristiques fonctionnelles de la plateforme (nombre de pistes en service, QFU utilisé, armements particuliers des positions de contrôle en aval, etc) et s'expriment concrètement par une cadence piste.
- b) les contraintes TMA. Elles sont spécifiques du trafic au départ d'un aéroport donné et s'expriment par un taux d'acceptation sur chacune des balises au pountour de la ZRR.

(1) CORTA : Cellule d'Organisation et de Régulation du Trafic Aérien

- c) les contraintes en route. Elles sont, en principe, occasionnelles, pour une durée limitée et peuvent porter sur n'importe quel point du trajet d'un avion. Elles s'expriment soit par un taux d'acceptation sur une balise en route donnée ou pour une direction donnée, soit par l'allocation d'un créneau de décollage calculé par la CORTA ou, en dehors des heures de fonctionnement de la CORTA (de nuit, par exemple) par le CCR/Nord.

Le poste PREVOL n'existe qu'à ORLY, ROISSY et LE BOURGET. Il est tenu par une ou deux personnes, selon le trafic et la qualification du contrôleur. C'est un poste confié habituellement aux contrôleurs débutants (qui continuent parallèlement leur formation à la qualification des autres postes de la tour).

Le principe du PREVOL consiste à faire calculer par l'ordinateur une heure de décollage en fonction :

- de la cadence piste désirée,
- de l'espacement minimum entre deux avions consécutifs au point de transfert vers le CCR,
- des contraintes spécifiques TMA.

Dans le cas des vols soumis à l'allocation d'un créneau par la CORTA (ou par le CCR, à défaut), l'heure désirée de décollage n'est pas calculée par l'ordinateur mais directement introduite en ordinateur par le contrôleur PREVOL.

A partir de cette heure de décollage, calculée ou introduite, est calculée une heure de début de roulage qui tient compte d'un temps de trajet (forfaitaire) entre le point de parking et la piste. La mise en route des moteurs est autorisée par le contrôleur PREVOL en fonction de cette heure de début de roulage.

Lorsqu'il n'y a pas de contrainte en route particulière (cas c précédent), la procédure est la suivante :

- en fonction de l'heure de décollage prévue à son plan de vol, le pilote appelle par radio le contrôleur PREVOL, demandant la mise en route des moteurs.
- le contrôleur PREVOL frappe sur le terminal le message DC (décollage calculé) contenant les données suivantes :
 - . l'indicatif du vol,
 - . la zone parking (une seule lettre),
 - . éventuellement, la piste de décollage utilisée, si celle-ci diffère de la piste normale (introduite en paramètre une fois pour toute, ainsi que la cadence, mais modifiables).

A la réception de ce message, CAUTRA recherche en mémoire le plan de vol (s'il n'y est pas, la réponse est : "PLN inconnu"). Après traitement tenant compte des contraintes connues (cadence piste, QFU, avions précédents à qui une heure de décollage a déjà été allouée, heure de décollage prévue au PLN, contraintes aux balises de transfert TMA, etc.), l'ordinateur fournit sur l'imprimante :

- l'heure calculée de décollage,
- l'heure calculée de début du roulage,
- le délai éventuel entre l'heure calculée et l'heure qui aurait été attribuée s'il n'y avait aucune contrainte),
- la liste des points de contraintes concernant le vol (pour les FIR françaises), si contrainte il y a.

Environ 15 minutes avant l'heure calculée du début de roulage, deux strips (l'un pour le contrôleur sol, qui le transmet ensuite au contrôleur local, l'autre pour le contrôleur départ) sont imprimés, contenant l'heure calculée de décollage et, à ORLY, l'heure calculée de début du roulage, ainsi que le code radar secondaire. Dans la plupart des cas, si l'heure calculée ne provoque pas un délai important, la sortie du strip est presque immédiate et le contrôleur attend le strip pour répondre au pilote. En effet, le message imprimé sur le terminal ne contient pas le code radar secondaire (imprimé seulement sur le strip) que le contrôleur doit communiquer au pilote. Cette attente introduit un petit délai entre la demande du pilote et la réponse du contrôleur, allourdissant d'autant le dialogue contrôleur-pilote, surtout si, pendant cette attente, un autre pilote appelle (ce qui est fréquent dans les périodes de pointe).

La procédure générale diffère selon qu'il y a ou non un délai calculé et/ou selon que le trajet de l'avion donne lieu ou non à une allocation préalable d'un créneau de décollage.

ler cas : le trajet de l'avion ne donne pas lieu à l'attribution d'un créneau de décollage.

C'est le cas "normal", en ce sens que c'est la situation la plus favorable pour le bon fonctionnement du système informatisé.

a) S'il n'y a pas de délai calculé important :

Plusieurs variantes peuvent être observées :

- le contrôleur PREVOL accorde l'autorisation de mise en route et laisse au pilote toute liberté pour demander ultérieurement l'autorisation de roulage, puis de décollage (en contactant successivement le contrôleur SOL, puis le contrôleur LOCAL).
- ou bien, le contrôleur PREVOL accorde l'autorisation de mise en route et donne au pilote l'heure de début de roulage, dont dépendra l'heure réelle de décollage par la suite, en fonction du contrôleur SOL (selon l'encombrement de la plateforme) et du contrôleur LOCAL (selon la gestion de la piste).
- ou bien, le contrôleur PREVOL accorde l'autorisation de mise en route et donne au pilote l'heure calculée de décollage, à charge pour le pilote de déterminer lui-même l'heure de début de roulage. Néanmoins l'heure de décollage communiquée ne sera respectée que selon les possibilités au SOL et au LOCAL.

b) S'il y a un délai calculé important

Le contrôleur demande au pilote de surseoir à la mise en route et de rappeler en fonction de ce délai. Puis la procédure se déroule comme précédemment. A noter que, dans ce cas, la sortie du strip est elle-même retardée.

On peut donc constater que, même dans ce cas simple, plusieurs variantes existent selon le délai calculé éventuel et selon que le contrôleur PREVOL communique ou non au pilote une heure de roulage ou une heure de décollage.

A ORLY, l'heure de roulage est calculée par ordinateur : c'est généralement cette heure qui est communiquée au pilote mais ce n'est pas absolu. A ROISSY, seule l'heure de décollage est calculée. Mais dans les deux aéroports, la tendance chez les contrôleurs est de ne pas communiquer d'heure calculée (ni roulage, ni décollage) lorsque le trafic est faible, c'est-à-dire lorsque les délais sont nuls ou faibles. Bien qu'il ne semble pas y avoir de règle absolue, nous avons observé que la communication d'une heure calculée (roulage ou décollage) n'est effective que lorsque les délais dépassent plusieurs minutes, sauf en périodes de pointe. Il est, de toute façon, manifeste que l'heure ainsi communiquée n'a pas un caractère vraiment impératif puisque de toute façon c'est, d'une part, du contrôleur SOL, en fonction de l'encombrement des circulations au sol et, d'autre part, du contrôleur LOCAL, en fonction de la gestion de son trafic et des espacements à respecter que dépendra finalement l'heure réelle de décollage. On doit considérer que la phase PREVOL, quels que soient les éléments communiqués, détermine (et encore pas de façon absolue) seulement la séquence des décollages, mais non le timing proprement dit.

2ème cas : le trajet de l'avion est soumis à une attribution préalable d'un créneau de décollage

Depuis quelques années, l'augmentation du nombre des limitations de vol, fixées par les centres de contrôle en route (français et étrangers), a conduit à faire gérer ces limitations par un service spécialisé, la CORTA pendant la journée (et par le CCR aval pendant la nuit). Il s'ensuit que la procédure générale est la suivante :

- a) Lorsque le pilote demande la mise en route, le contrôleur PREVOL doit rechercher si ce vol est ou non soumis à une limitation sur un point quelconque de son trajet, selon la liste des points de limitations communiquée par la CORTA. Si le vol n'est pas limité, la procédure normale, précédemment décrite, est appliquée. Si le trajet fait l'objet d'une limi-

tation, le contrôleur PREVOL en prévient le pilote et demande (par téléphone) à la CORTA un créneau de décollage. En général, celui-ci s'exprime soit par une plage de 15 ou 20 minutes, quelques fois 30, à l'intérieur de laquelle le décollage doit avoir lieu, soit par une heure limite avant laquelle le décollage doit avoir lieu. Contrairement à l'heure calculée par l'ordinateur (cas précédent), ce créneau (ou cette heure limite) est impératif et est considéré comme tel par les contrôleurs et les pilotes.

- b) Le contrôleur PREVOL communique au pilote le créneau alloué et (en principe) renseigne l'ordinateur au moyen d'un message spécialement conçu à cet effet : le message DCS. Celui-ci consiste à introduire en ordinateur, par le clavier du terminal, l'heure correspondant au début du créneau alloué, ce qui permet à l'ordinateur d'intégrer cette information pour le calcul de la séquence des autres vols et provoque le calcul de l'heure de début de roulage (à ORLY uniquement) et la sortie automatique du strip 15 minutes avant l'heure du début du roulage, comme dans le cas général.

Etant donné que le strip ne sort pas immédiatement, le contrôleur PREVOL n'a pas de "support" matériel pour inscrire (afin de s'en souvenir) le créneau alloué. Provisoirement, il le note sur une feuille de papier et annotera le strip lorsque celui-ci sortira. A ce moment-là, le strip sera transmis au contrôleur SOL qui sera ainsi instruit du créneau.

Il faut, cependant, remarquer que cette procédure DC spécial n'est pas toujours utilisée par les contrôleurs. Soit qu'ils n'en connaissent pas bien l'emploi, soit qu'ils l'estiment trop lourde, nous avons pu observer, tant à ORLY qu'à ROISSY, que de nombreux vols soumis à une allocation de créneau étaient, en fait, traités par la procédure générale ou par la procédure "DD" qui est décrite ci-après.

Au lieu du message DC (cas normal) ou DCS (pour les créneaux), le contrôleur peut "forcer la procédure" en utilisant le message DD ("décollage demandé") qui provoque la sortie immédiate du

strip. Ce message permet de traiter des vols spéciaux ou de régler des cas particuliers, mais utilisé abusivement, il introduit des erreurs systématiques dans le calcul des séquences de décollage (ce vol étant considéré comme une exception non prise en compte dans le calcul).

En résumé, le schéma I présente les phases principales des liaisons d'information avant le décollage.

2.2. - Imperfections observées dans le système actuel

Nous présenterons ici tout d'abord le problème de l'intégration des vols soumis à une allocation préalable d'un créneau de décollage par la CORTA car c'est-là incontestablement le point le plus faible du système. Nous présenterons ensuite les autres imperfections dont l'incidence réelle est de moindre envergure.

1) L'intégration des vols soumis à une allocation de créneau (par CORTA)

En pratique, on peut se trouver dans l'une des trois situations suivantes :

- aucun vol n'est soumis à l'allocation d'un créneau,
- peu de vols sont soumis à l'allocation d'un créneau,
- de nombreux vols sont soumis à l'allocation d'un créneau.

a) Aucun vol n'est soumis à l'allocation d'un créneau

Dans ce cas, le système DC actuel est à peu près satisfaisant. On peut lui reprocher une certaine imprécision des heures calculées mais il est illusoire d'espérer une précision absolue. A défaut d'être exactement celles qui seront effectivement observées, les heures actuellement calculées sont d'une précision suffisante. Elles donnent au moins au contrôleur l'ordonnancement des avions, à quelques minutes près et à quelques inversions ou décalages près.

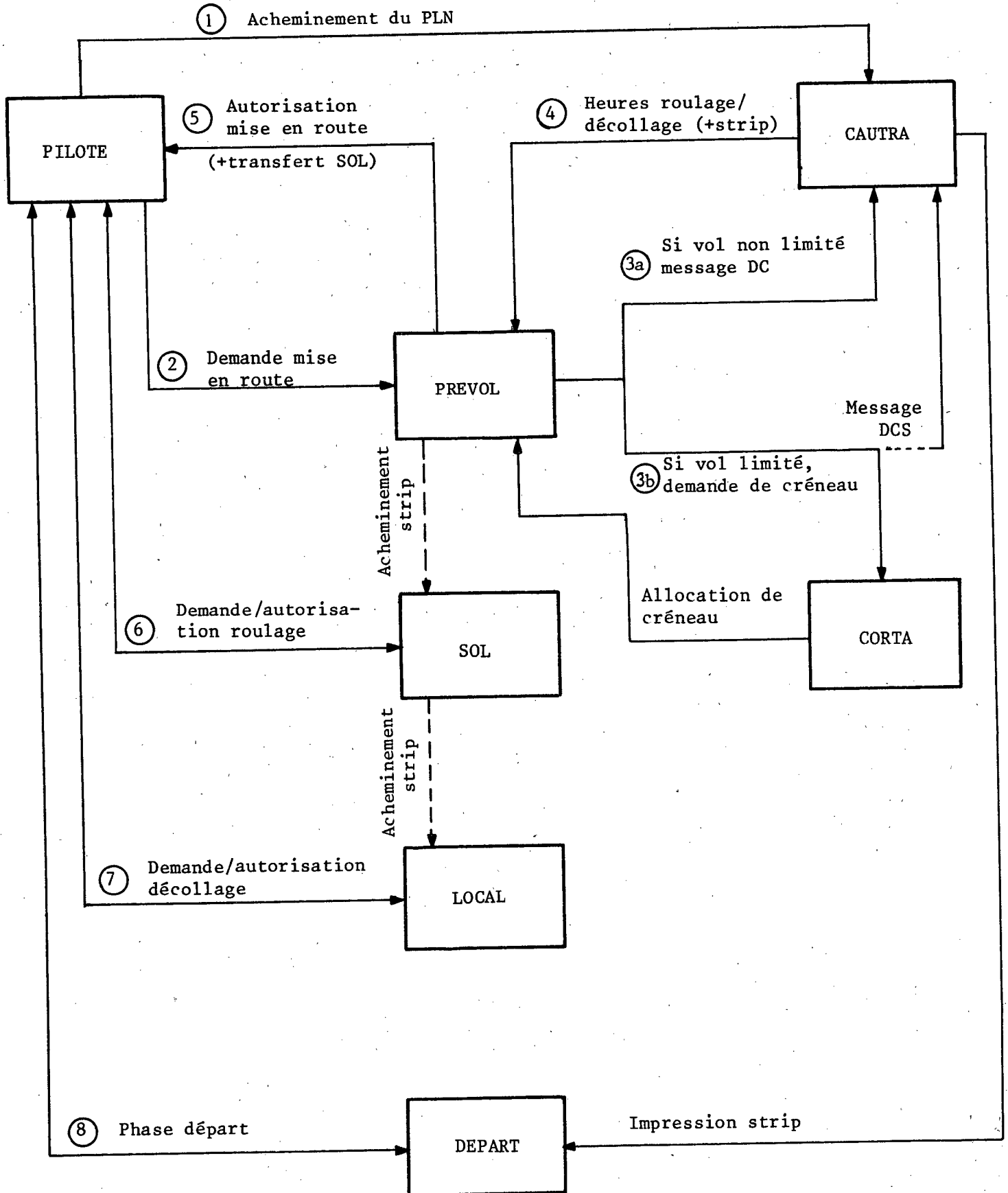


Schéma I : Principales liaisons informationnelles du poste PREVOL

Les écarts constatés entre l'heure calculée et l'heure réelle de décollage peuvent être dus à plusieurs raisons :

- l'imprécision du temps de roulage qui est due au fait que le programme ne tient compte :
 - . ni d'un temps de roulage précis calculé à partir du lieu de parking mais d'un temps forfaitaire établi pour toute une zone de parking (le cheminement au sol ou les difficultés de sortie peuvent varier d'un point à un autre),
 - . ni de la vitesse de roulage qui peut varier de façon notable d'un type d'avion à un autre.
- des incidents de plateforme imprévisibles (piste ou voie de roulage indisponible).
- les vitesses (en vol) des appareils ne sont pas prises en compte, obligeant les contrôleurs soit à inverser certains avions pour éviter des conflits à l'intérieur de la ZRR ou en limite⁽¹⁾, soit à modifier les heures de décollage des avions susceptibles d'être en conflit (en général en retardant le second).
- il se peut aussi, tout simplement, que l'avion ne soit pas prêt à l'heure adéquate pour commencer le roulage ou qu'il soit prêt avant l'heure.

Lorsque le trafic est faible, les contrôleurs n'utilisent pas les heures calculées (qui, dans ce cas, ne sont même pas communiquées aux pilotes), bien qu'ils utilisent le message DC (ou DD) pour obtenir la sortie des strips qui leur sont nécessaires. Nous avons pu constater, cependant, que, malgré tout, l'heure réelle de décollage est proche de l'heure calculée (voir plus loin l'analyse numérique). Les contrôleurs estiment que l'intérêt de l'heure calculée (qu'ils se réfèrent au décollage ou au roulage, peu importe) n'apparaît que lorsque les avions en attente sont

(1) Lorsque les avions sont en attente à la piste, les inversions ne sont pratiquement plus possibles, contrairement à ce qui se pratique sur d'autres aéroports (Londres, notamment). Le contrôleur LOCAL a, cependant, la possibilité, pour certains QFU, de modifier la séquence en alignant certains avions (si leurs caractéristiques le permettent) sur une entrée de piste raccourcie.

nombreux. Sinon, en effet, autant laisser aux pilotes le soin de décoller lorsqu'ils le peuvent. Il faut également noter, comme nous l'avons déjà dit, que l'heure calculée n'est pas considérée par les contrôleurs comme impérative, contrairement aux créneaux. Même, rien n'empêche de laisser décoller un avion avant l'heure calculée de décollage si l'opportunité se présente et si le trafic le permet. Ceci n'est nullement une gêne pour l'exploitation.

b) Peu de vols sont soumis à l'allocation d'un créneau

Si le nombre d'avions concernés par ces limitations est faible, ils peuvent être considérés comme des exceptions, la règle étant la séquence calculée par le système DC. On peut dire que le système DC continue d'être utile tant que le nombre de vols soumis à l'allocation de créneaux est faible par rapport au nombre des vols normaux. Toutefois, il est difficile d'apprécier ce nombre de façon absolue. D'autres facteurs interviennent : difficultés locales de gestion de la plateforme et surtout pointes de trafic. Jusqu'à 10 % environ, les vols "créneau" sont facilement intégrés. C'est dans ce cas que l'utilisation de la procédure DC Spécial est réellement efficace, puisqu'elle permet de conserver, par ailleurs, un calcul à peu près fiable de la séquence de décollage. Avant l'introduction (au début de 1981) de cette possibilité, les décollages "créneau", non pris en compte par le DC, provoquaient les perturbations suivantes :

- les heures calculées pour les avions qui, par ailleurs, étaient traités par créneaux, étaient perdues ; autrement dit il y avait un trou dans la séquence.
- les avions non soumis à créneau pouvaient ne pas pouvoir décoller à l'heure calculée si des avions obtenaient un créneau de décollage à la même heure, provoquant des décalages en chaîne.

La procédure DC Spécial est donc, de ce point de vue, une amélioration. On constate néanmoins que les contrôleurs ne l'utilisent pas systématiquement, soit parce que certains d'entre eux ne la connaissent pas bien, soit parce qu'ils n'en voient pas l'utilité, soit parce que, d'une façon générale, ils ne voient pas l'utilité de travailler avec les heures calculées. Il y a incontestablement là des différences individuelles consi-

dérables entre contrôleurs et entre les deux aéroports. De la même façon, des différences individuelles existent quant au fait de communiquer au pilote les heures calculées de décollage ou de roulage. Peut-être est-ce dû à la formation des contrôleurs ou aux consignes d'exploitation, la procédure du DC Spécial étant encore un peu considérée comme expérimentale.

Quoi qu'il en soit, l'utilisation de la procédure DC Spécial laisse au contrôleur la charge de repérer lui-même, lorsque le pilote demande la mise en route ou même avant, si le vol fait ou non l'objet d'une limitation et, par conséquent, s'il faut négocier un créneau avec la CORTA. Or ce travail n'est pas simple, étant donné que :

- les itinéraires soumis à créneau peuvent comporter plusieurs points de limitation,
- les créneaux ne sont pas homogènes,
- le contrôleur a peu d'information pour traiter le problème. N'ayant même pas les éléments du plan de vol complet, il doit interroger le pilote. Il n'a, d'ailleurs, pas nécessairement une connaissance exhaustive de la géographie internationale et ne dispose pas des cartes adéquates (ce dernier point semble actuellement résolu).

D'autre part, la procédure DC Spécial comporte des inconvénients pour le contrôleur :

- la sortie temporisée du strip laisse le PREVOL sans support d'information durant le délai de sortie,
- dès l'appel du pilote, le contrôleur commence à frapper le message sur le terminal pendant que le pilote parle, ne serait-ce que par crainte d'oublier l'indicatif annoncé. Or ce message commence non par l'indicatif de l'avion mais par l'intitulé de la transaction (DC ou DCS ou DD). Comme c'est le cas le plus fréquent, le contrôleur frappe initialement DC. S'il s'agit d'un créneau, il faut annuler le message et recommencer avec la procédure DCS. Ceci contribue à ce que des vols qui devraient être traités selon la procédure DCS le sont selon la procédure DC (nous avons effectivement observé

quelques cas typiques), surtout au moment des pointes lorsque plusieurs appels se succèdent à intervalles très rapprochés.

c) de nombreux vols sont soumis à une allocation d'un créneau

Lorsque le nombre de vols soumis à l'allocation d'un créneau est élevé, l'aide apportée par le DC normal pour les vols non limités devient négligeable par rapport à la charge de travail qu'il nécessite. Malgré le fait que, grâce au DC Spécial, le calcul des vols DC tient compte des créneaux alloués, l'imprécision de la séquence devient trop grande. En effet, l'heure introduite lors du message DC Spécial est l'heure du début du créneau (usage justifié, afin d'être sûr d'obtenir la sortie du strip suffisamment à temps), c'est-à-dire une heure très imprécise qui sera rarement respectée, compte tenu de l'ampleur des créneaux. D'autre part, les vols soumis à créneaux, tant parce qu'ils ont souvent déjà beaucoup attendu que parce que la fin des créneaux a un caractère impératif, jouissent d'une sorte de priorité. Par suite, les décollages des vols non limités deviennent totalement subordonnés aux possibilités que laissent les décollages des vols limités. Toutes ces imprécisions et ces décalages se cumulant, la précision des heures calculées par le DC n'a plus guère de réalité.

De toute façon, dans ce cas de figure, la difficulté du travail PREVOL est surtout marquée par la charge que représente les nombreuses communications radiophoniques avec les pilotes et téléphoniques avec la CORTA. Le nombre de messages échangés entre le contrôleur et les pilotes peut être multiplié par 7 ou 8, y compris pour les vols non limités, les pilotes appelant préventivement pour s'en assurer.

Ce n'est pas en soi la procédure DC Spécial qui est en cause mais l'existence même d'une dualité entre les types de vols, ceux soumis à des limitations et les autres. C'est pourquoi, pour le contrôleur, il est souhaitable que les limitations soient intégrées plus directement dans le calculateur, comme le sont les autres contraintes (contraintes TMA, cadence piste, etc.).

Analyse numérique d'écarts observés entre les heures de décollage calculées et les heures de décollage réelles.

Le tableau I présente un ensemble de 166 vols observés à ORLY et répartis en 10 échantillons d'une heure, dont on a analysé :

- soit 1'écart entre 1'heure de décollage et 1'heure calculée (pour 122 avions),
- soit 1'écart entre 1'heure de décollage et 1'heure introduite en DCS (pour 38 avions).

On constate un écart moyen de 3'5 dans le premier cas et de 5'78 dans le second cas. Mais ces écarts moyens varient selon le trafic. Ainsi, pour les échantillons 1 à 5 où le nombre total d'avions dans 1'heure est faible (compris entre 8 et 15), 1'écart moyen est de 3' (écart-type 2.78). Il est plus élevé (4'74, avec un écart-type de 3.36) pour les échantillons 6 à 10 (voir tableau III). Egalement, le % de créneaux présents dans 1'échantillon joue un rôle non négligeable. Lorsque ce % augmente (de 0 à 42 %, selon les échantillons), 1'écart moyen augmente (ainsi que 1'écart-type), comme le montrent les tableaux IV et V. En revanche, pour les vols soumis à créneau, les écarts entre le début du créneau et 1'heure réelle de décollage varient relativement peu (tableau VI). L'écart moyen varie entre 4'33 et 7'6.

Egalement, nous avons réalisé à ROISSY une observation au cours d'une même journée (7/10/81 de 7 h à 17 h locales) sur 113 vols. Il n'y avait, ce jour-là, aucune limitation CORTA et le trafic est resté toujours fluide (minimum 6 avions dans 1'heure, maximum 18). Le tableau VII présente les écarts observés entre 1'heure réelle de décollage et 1'heure calculée. L'écart moyen sur 1'ensemble de 1'échantillon est de 3'05. Cependant, selon les heures de la journée, des différences importantes apparaissent (écart moyen minimum : 0'55. Ecart maximum : 6'11). On peut même remarquer des écarts négatifs (le décollage ayant eu lieu avant 1'heure calculée prévue).

Bien que les heures calculées n'aient pas été communiquées aux pilotes (les contrôleurs estimant que ce n'était pas nécessaire, compte tenu du trafic), on peut remarquer que les écarts moyens observés sont du même ordre que ceux observés à ORLY, précédemment rapportés. Toutefois, la dispersion est plus grande. Nous avons, en particulier, beaucoup plus d'écarts négatifs.

TABLEAU I : ECARTS OBSERVES

(vols limités et vols non limités)

Echantillons (1 heure)	Nombre d'avions dans 1'heure	Nombre d'avions slaps	%	Ecart observé entre heure réelle décollage et heure calculée DC	Ecart observé entre heure réelle décollage et heure introduite DCS
1	8	0	0	24/8 3'	-
2	10	4	40	25/6 4'16	13/2(**) 6'5
3	12	4	33	25/8 3'12	18/3(***) 6'
4	12	3	25	18/9 2'	13/3 4'33
5	15	6	40	28/9 3'11	38/5(***) 7'6
6	19	0	0	28/19 1'55	-
7	19	8	42	69/11 6'27	51/8 6'37
8	22	6	27	51/16 3'18	30/6 5'00
9	23	7	30	70/15(*) 4'23	38/7 5'42
10	26	4	15	89/21(*) 4'66	19/4 4'75
Total	166	42		427/122 avions 3'5	220/38 avions 5'78

Remarque : (*) un avion éliminé du calcul. Motif : valeur aberrante due à un incident de push-back

(**) deux avions éliminés du calcul. Motif : non utilisation de la procédure DCS (utilisation du DC normal)

(***) un avion éliminé du calcul. Motif : non utilisation de la procédure DCS (utilisation du DC normal).

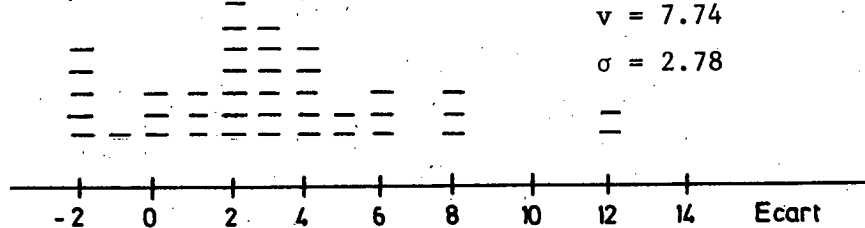
TABLEAU II : HISTOGRAMME DES ECARTS OBSERVES
(vols non limités)

N° Echantillon	Moyenne	Histogramme
1 3 6 -1 3 -2 8 4 3	$24/8 = 3'$	
2 -2 8 6 5 6 2	$25/6 = 4'16$	
3 8 12 2 3 0 2 -2 0	$25/8 = 3'12$	
4 2 -2 4 2 3 1 3 4 1	$18/9 = 2'$	
5 2 -2 4 2 5 0 1 12 4	$28/9 = 3'11$	
6 3 0 3 2 4 0 0 1 2 3 0 2 -1 3 0 -2 5 1 2	$28/19 = 1'55$	
7 2 3 3 8 6 2 9 8 4 14 10	$69/11 = 6'27$	
8 6 3 -3 2 4 3 2 4 2 12 6 3 -1 2 2 4	$51/16 = 3'18$	
9 8 31* 0 6 8 2 2 4 12 2 4 6 3 0 8 5	$70/15 = 4'66$	
10 6 1 32* 4 10 13 6 -2 2 6 5 4 3 4 6 4 4 3 2 4 3 1	$89/21 = 4'23$	

* Ces deux écarts ont été éliminés du calcul. Ils sont dus à des incidents de push-back, indépendants du problème étudié.

TABLEAU III : HISTOGRAMMES RECAPITULATIFS

Echantillons 1 à 5. Trafic total dans 1'heure : $8 \leq n \leq 15$
(avions non limités)



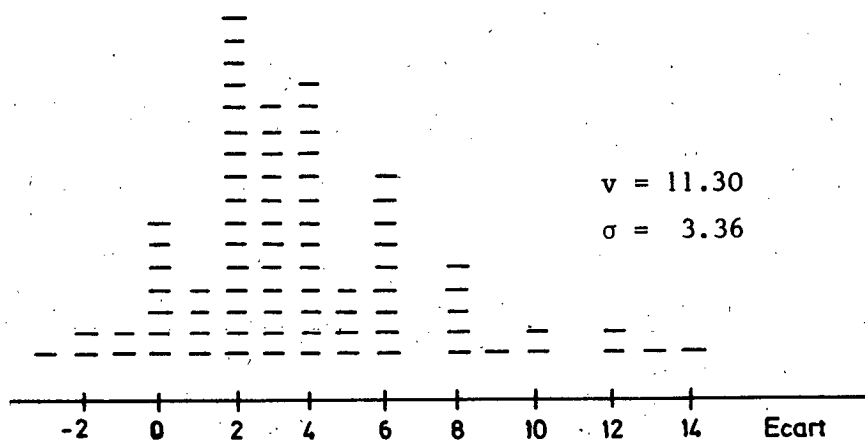
$$v = 7.74$$

$$\sigma = 2.78$$

$$\text{Ecart moyen} : \frac{120'}{40} = 3'$$

N = 40

Echantillons 6 à 10. Trafic total dans 1'heure : $19 \leq n \leq 26$
(avions non limités)



$$v = 11.30$$

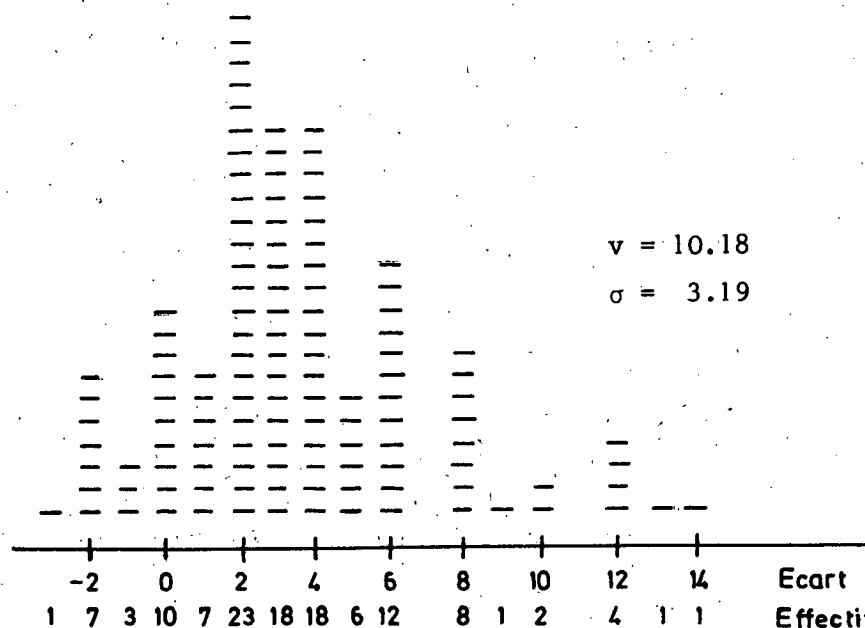
$$\sigma = 3.36$$

$$\text{Ecart moyen} : \frac{307'}{82} = 4'74$$

N = 82

HISTOGRAMME GENERAL

(avions non limités)



$$v = 10.18$$

$$\sigma = 3.19$$

$$\text{Ecart moyen} : \frac{427'}{122} = 3'5$$

N = 122

TABLEAU III (suite)

HISTOGRAMME POUR LES AVIONS LIMITES

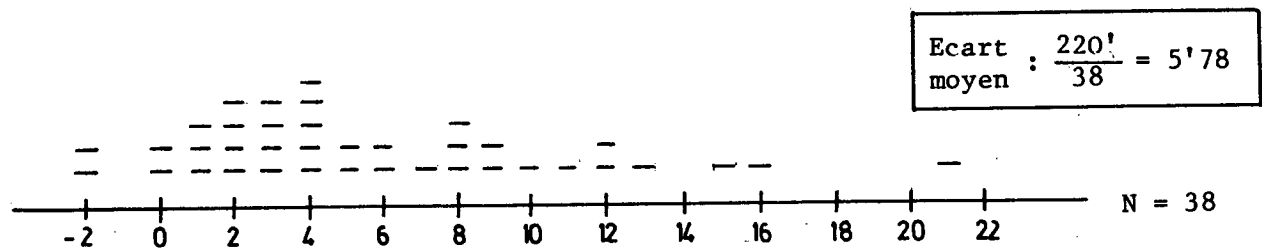


TABLEAU IV : PARTITION DES ECHANTILLONS SELON LE % DE CRENEAUX

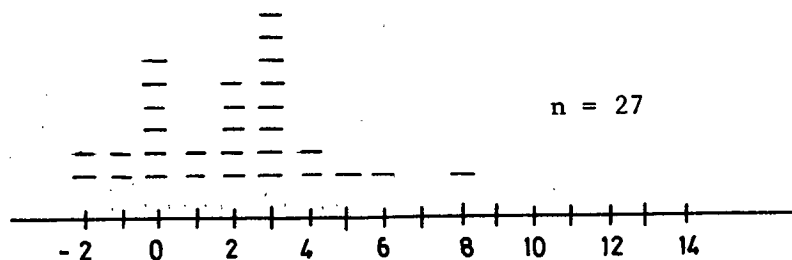
(pour les avions non limités)

N° Echantillon	Trafic dans l'heure	% créneaux	Ecart (total)	n	Ecart moyen
1 } 6 }	8 19	0	24' } 28' } 52'	8 } 19 } 27	1'92
10 } 4 }	26 12	15 25	89' } 18' } 107'	21 } 9 } 30	3'56
8 } 9 } 3 }	22 23 12	27 30 33	51' } 70' } 25' } 146'	16 } 15 } 8 } 39	3'74
2 } 5 } 7 }	10 15 19	40 40 42	25' } 28' } 69' } 122'	6 } 9 } 11 } 26	4'69

TABLEAU V : ECHANTILLONS REGROUPES EN FONCTION DU % DE CRENEAUX

(pour les vols non limités)

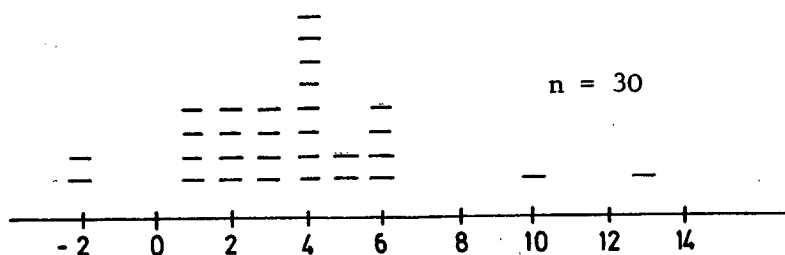
1-6



Ecart moyen : 1'92

v : 5.68
σ : 2.38

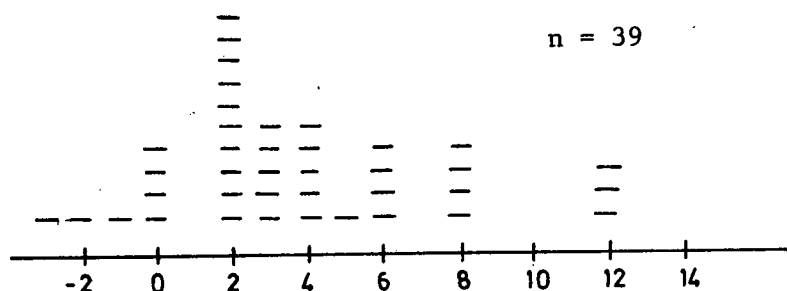
10-4



Ecart moyen : 3'56

v : 8.32
σ : 2.88

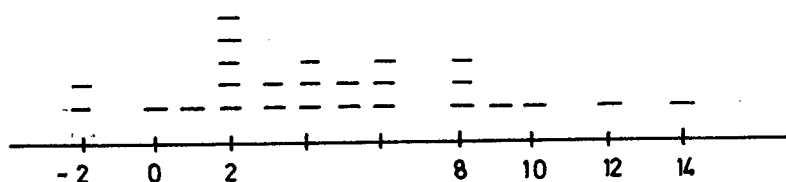
8-9-3



Ecart moyen : 3'74

v : 9.45
σ : 3.07

2-5-7



Ecart moyen : 4'69

v : 15.10
σ : 3.88

TABLEAU VI : ECARTS OBSERVES ENTRE HEURE DE DECOLLAGE REELLE
ET HEURE INTRODUITE EN DS SPECIAL
 (pour les avions limités)

Echantillon

n° 2	4'	9'	}	$13'/2 = 6'5$
n° 3	2'	11'	}	$18'/3 = 6'$
		5'		
n° 4	4'	8'	}	$13'/3 = 4'33$
		1'		
n° 5	9'	2'	}	$38'/5 = 7'6$
		21'		
		2'		
		4'		
n° 7	4'	7'	}	$51'/8 = 6'37$
	10'	8'		
	2'	3'		
	1'	16'		
n° 8	-2'	6'	}	$30'/6 = 5'$
	12'	-2'		
	3'	13'		
n° 9	8'	15'	}	$38'/7 = 5'42$
	1'	3'		
	0'	5'		
	6'			
n° 10	3'		}	$19'/4 = 4'75$
	12'			
	4'			
	0			

TABLEAU VII : ECARTS OBSERVES ENTRE L'HEURE REELLE DE DECOLLAGE
ET L'HEURE CALCULEE (ROISSY, EN ABSENCE DE CRENEAUX
LE 7 OCTOBRE 1981)

Heure de la journée	Nombre d'avions	Ecarts observés	Ecart moyen
7- 8	6	4 -3 -4 6 1 13	2'83
8- 9	9	13 -1 0 8 -6 14 29 -5 3	6'11
9-10	15	-4 9 -12 5 2 7 -2 12 3 1 5 1 2 -2 -3	1'6
10-11	15	2 4 4 -5 4 9 4 2 6 6 -3 -3 1 -1 2	2'13
11-12	12	-4 4 7 9 8 12 -2 0 4 1 4 27	5'83
12-13	15	10 1 -1 6 0 2 1 12 16 8 10 1 1 -4 16	4'66
13-14	18	1 -2 13 -1 0 2 -5 1 1 9 0 2 -2 -2 -5 9 11 27 13	4'11
14-15	8	-6 -8 5 -7 -8 7 -4 -2	-2'87
15-16	7	-2 -10 3 5 5 5 -2	0'55
16-17	8	3 0 0 -1 5 3 2 2	
Total	113		3'05

2) Le dialogue PREVOL - CAUTRA

Le dialogue actuel entre le PREVOL et le CAUTRA, outre l'existence d'une liaison téléphonique pour régler de temps à temps quelques anomalies techniques ou pour s'informer d'un plan de vol inconnu par l'ordinateur ou tardivement traité, ou traité de façon erronée, se fait au moyen d'un clavier et d'un imprimante (LOGABAX 1010). Nous verrons dans le point suivant que ce système n'est pas idéal. Nous traitons ici simplement quelques imperfections observées au niveau du langage d'échange :

a) Tout message commence par la frappe des lettres DC ou DD ou DCS suivies de l'indicatif de l'avion, suivi de la zone parking. En pratique, le contrôleur commence son message pendant que le pilote parle, ce qui augmente la difficulté de compréhension de l'indicatif, d'une part, mais surtout l'information pour choisir DC, DD ou DCS n'est donnée qu'au cours du message du pilote lorsque le contrôleur a repéré si le vol est soumis à limitation, si c'est un vol ordinaire ou s'il est prioritaire. DC étant introduit, le contrôleur doit annuler ce début de message s'il décide finalement DD ou DCS. On peut estimer que c'est là une des raisons pour lesquelles le DC Spécial est peu utilisé. L'ordre du message serait plus satisfaisant s'il commençait par l'indicatif, suivi de l'intitulé de la transaction finalement choisie. Ceci nécessite un terminal plus performant que celui actuellement en service.

b) On peut être frappé par les nombreuses annulations de messages en cours. Ceci provient du fait que le terminal comporte peu de moyens de correction de frappe et peu de touches fonction. Les erreurs de frappe ou les changements de message devraient pouvoir être corrigés plus facilement.

c) L'appel des transactions DC, DCS, DD qui sont courantes se fait par une entrée touche par touche, alors que des touches-fonction spécialisées feraient mieux l'affaire. Des touches sont disponibles sur le clavier actuel.

d) Certaines transactions utilitaires, comme celle provoquant la sortie sur l'imprimante de la liste des avions dont le plan de vol est en attente, nécessitent l'emploi de codes barbares, peu pratiques (par exemple, XPVBL LPO, pour ORLY).

e) L'introduction de la zone parking, actuellement trop imprécise, devrait correspondre au point de parking réel qui est communiqué par le pilote. Non seulement cela pourrait permettre un calcul plus précis du temps de trajet mais éviterait au contrôleur d'encoder la lettre désignant la zone parking, puisque c'est en fait le point de parking réel que le pilote communique.

f) Enfin, il a été demandé (par un ingénieur de la Tour d'ORLY) de pouvoir entrer la cadence de décollage soit par une durée en secondes (comme actuellement), soit par une fraction (par exemple : 4 avions par tranche de 5 minutes). Ceci permettrait de modifier, vis-à-vis des pilotes, le statut de l'heure de décollage que certains d'entre eux considèrent, à partir du moment où elle leur a été communiquée, comme une priorité ou un contrat auquel la Tour s'est engagée. Dans ce cas, la cadence introduite comme une fraction provoquerait, pour la tranche considérée, le calcul d'heures identiques pour les avions à l'intérieur de cette tranche, à charge pour les contrôleurs sol et local de gérer leur trafic au mieux des possibilités de la plateforme, d'une part, et des espacements en l'air, d'autre part. On fait ressortir que cette procédure permettrait de constituer plus facilement une sorte de tampon d'attente au décollage pour assurer une plus grande souplesse et une meilleure utilisation de la capacité de la piste. Cependant, l'efficacité de cette procédure reste à démontrer, compte tenu des possibilités assez réduites pour assurer une véritable régulation au sol, lorsque les avions sont au roulage ou en attente au seuil de piste.

3) L'aménagement du poste de travail PREVOL

Le poste de travail lui-même est mal adapté sous plusieurs critères.

a) Le clavier est trop haut ainsi que l'imprimante qui oblige les contrôleurs (surtout s'ils sont de petite taille) à se hausser pour lire ce qui est imprimé.

b) Le clavier et l'imprimante sont bruyants, ce qui contribue à masquer les communications radio avec les pilotes, surtout la compréhension de l'indicatif.

c) Le clavier étant très large, les contrôleurs ont peu de place pour écrire. Or, la gestion des créneaux impose la tenue de listes à la main. Il faut aussi écrire sur les strips.

d) Le poste est prévu pour un seul opérateur. Or, il y en a souvent deux (soit pour l'instruction, soit en raison de la charge de travail).

e) Le terminal, tel qu'il est actuellement, n'est pas adapté à ce travail. L'impression sur papier n'est pas nécessaire. Si un archivage s'imposait (à des fins de contrôle ultérieur ou de statistique), celui-ci devrait être fait à partir des messages réels, non à partir des tracés "au fil de l'eau" qui comportent, outre les transactions réalisées, tous les messages interrompus ou annulés. De ce fait, les informations qui devraient rester en permanence à la disposition des contrôleurs disparaissent lorsque le papier s'évacue. En particulier, la liste des plans de vol en attente, dont les contrôleurs se servent souvent parce qu'elle les aide efficacement à reconnaître les indicatifs radio, est peu utilisable parce qu'elle disparaît trop vite, obligeant le contrôleur à renouveler fréquemment la demande.

f) Lorsque le contrôleur a utilisé la procédure du DC Spécial, il a besoin de conserver une trace de la transaction effectuée, ne serait-ce que l'heure du créneau. Or il n'a pas encore le strip et il n'a plus, très rapidement, le message qu'il a imprimé sur l'imprimante.

3. - CONCLUSION

Cette étude avait principalement pour but l'analyse des dysfonctionnements du système actuel, c'est pourquoi ce rapport peut apparaître trop négatif. Or, il est hors de doute que l'assistance apportée par l'ordinateur est réelle. Nul ne la conteste. Mais il ne faut pas non plus cacher que l'outil n'a plus, tel qu'il est actuellement, un rôle aussi efficace qu'il avait à ses débuts. La raison a été largement analysée dans ce rapport : l'augmentation du nombre de vols soumis à une allocation de créneau hypothèque l'efficacité générale du système, malgré l'amélioration qu'apporte la procédure DC Spécial. Mais cette procédure n'est qu'un palliatif. Si les contrôleurs ne l'utilisent pas dans tous les cas où elle le pourrait, une fois faite la part de l'habitude antérieure ou du non apprentissage, c'est qu'elle ne leur apparaît pas être la solution idéale.

Le défaut majeur est, de l'avis des contrôleurs, que les créneaux ne sont introduits en ordinateur qu'indirectement, occasionnant une surcharge de travail non négligeable et surtout introduisant une dichotomie entre les avions non limités et ceux qui ont obtenu un créneau, ces derniers étant de fait prioritaires sur les autres tout en étant sources d'imprécisions et d'irrégularités. En d'autres termes, c'est moins le système d'assistance du PREVOL qui est en cause que le système de régulation des vols. C'est pourquoi, tant que le système de régulation restera ce qu'il est dans son principe (disons clairement : le système par allocation de créneaux), la gestion du PREVOL ne pourra pas être optimisée et tout aménagement du système d'assistance n'aura qu'une portée limitée.

Cette remarque étant faite, on peut examiner les améliorations les plus urgentes. Elles ont trait à l'inadéquation de l'actuel terminal et du langage médiocre de dialogue qui lui est attaché. Bien que les terminaux à l'écran présentent l'inconvénient de solliciter fortement la vision, au risque de provoquer une fatigue visuelle importante, ils sont sans doute les plus adaptés pour ce type de poste. Au demeurant, les contrôleurs doivent, de toute façon, utiliser des écrans de visualisation par ailleurs.

L'avantage d'une visu est de pouvoir :

- conserver en permanence les informations nécessaires,
- faire disparaître les informations caduques en permettant les mises à jour,
- structurer les informations sous une forme opérationnelle.

Dans le cas du PREVOL, les contrôleurs ont besoin :

- de conserver la liste des indicatifs des avions susceptibles d'appeler dans un délai court, de l'ordre d'une demi-heure environ (cela ferait une quinzaine d'avions au maximum, moins la plupart du temps);
- d'avoir une ligne de dialogue pour la transaction en cours, l'heure de décollage et/ou l'heure de roulage étant ensuite seule(s) associée(s) à l'indicatif rangé dans une liste par ordre d'heures de roulage prévu ;
- d'avoir une seconde ligne de dialogue à disposition, au cas où une transaction en cours devrait être suspendue momentanément (par

exemple, pendant la négociation du créneau avec CORTA ou pendant la recherche d'un PLN, pour pouvoir faire une nouvelle transaction sans perdre l'initialisation de la première) ;

- les informations fournies actuellement en réponse à DC ou DCS sont suffisantes, sauf qu'il faudrait inclure le code radar secondaire, sans attendre le strip. Si le contrôleur PREVOL doit continuer à être chargé du filtrage entre les avions limités et les avions non limités (ce qui devrait être fait par l'ordinateur), les éléments actuels fournis du PLN sont également insuffisants, même si des cartes aériennes ad hoc sont disponibles ;
- enfin, le dialogue (syntaxe et codes des commandes) doit faire l'objet d'une étude spécifique. Cependant, il faut prévoir un système d'édition permettant au contrôleur de remédier facilement aux fautes de frappe et aux corrections nécessaires, ce qui n'est pas le cas actuellement. L'appel des transactions ne doit pas se faire lettre par lettre au clavier alphanumérique mais par touche fonction. Un système de désignation (digitatron ou autre) ne semble pas requis. L'introduction de l'indicatif devrait pouvoir précéder l'appel du mode de procédure (DC ou DCS), à moins que celles-ci puissent être interverties sans perdre les éléments de la transaction déjà en cours.

Imprimé en France

par

l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique

ISSN 0249 - 6399