

J. AGARD

**Automatisation du planning mensuel du
personnel navigant commercial**

Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle. Série verte, tome 4, n° V2 (1970), p. 3-16

http://www.numdam.org/item?id=RO_1970__4_2_3_0

© AFCET, 1970, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle. Série verte » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

AUTOMATISATION DU PLANNING MENSUEL DU PERSONNEL NAVIGANT COMMERCIAL

J. AGARD ⁽¹⁾

Résumé. — Chaque mois, les stewards d'une Compagnie aérienne doivent être affectés sur les rotations partant de la base. Leur planning mensuel doit respecter de nombreuses règles et égaliser les charges de travail. La méthode hongroise d'affectation a été employée dans l'automatisation de cette répartition des tâches. L'article décrit la méthode, les difficultés et l'intérêt de cette automatisation.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

2. LES OBJECTIFS

- automatiser des opérations complexes et répétitives
- améliorer la qualité des plannings
- s'engager vers une gestion en temps réel

3. LE PROBLEME

- planning de 2 000 personnes par mois
- égalisation des charges individuelles
- respect des contraintes légales et desiderata
- obtention de données exactes
- sortie des résultats à dates fixes

4. LA METHODE

- justification de la méthode adoptée
- découpage en groupes de charges égales
- affectations jour par jour avec la méthode hongroise
- organigramme du traitement

⁽¹⁾ Chef du Département de Recherche Opérationnelle d'Air France.
Exposé fait au cours de la Journée sur la RCB organisée pour l'AFCEC (avril 1970).

5. LES DIFFICULTES

- collecte des données : rotations, individus
- contrôle et correction des données
- disponibilité de l'Informatique
- fiabilité de l'application aux divers niveaux
- évolution des règles et procédures
- la rentabilité de l'application

6. LES CONCLUSIONS

- un apprentissage
- les développements et l'intégration

1. INTRODUCTION

L'affectation d'équipages techniques et commerciaux à chacun des vols d'une compagnie aérienne constitue un travail considérable. A cause de la saisonnalité des programmes de vols et de l'existence de nombreux vols supplémentaires, il n'existe pas de solution stable ou périodique. Les navigants sont donc affectés individuellement sur chaque vol, chaque jour de l'année. En contrepartie de leur disponibilité, il est établi pour chacun d'eux un planning individuel mensuel remis vers le 28 du mois pour le mois suivant. Ces plannings intègrent les règles légales, les pré-affectations, les desiderata et ils couvrent évidemment toutes les tâches correspondant au programme de vol.

En ce qui concerne les pilotes et mécaniciens, leurs spécialisations par type avion et par connaissance des aéroports les fractionnent en petits groupes dont le planning mensuel est assez facile. Au contraire, les stewards et hôtesses sont plus banalisés et plus nombreux, et l'automatisation de leur planning mensuel présente un réel intérêt. Ces plannings individualisés sont du reste particuliers à Air-France. Dans la plupart des autres Compagnies aériennes, des tours de service mensuels anonymes sont établis, et les plus anciens choisissent en premier. Ces méthodes facilitent l'élaboration du planning, mais permettent une moins bonne utilisation du personnel.

Dans le cadre de nos habitudes de planning, nous avons donc eu à résoudre un problème très spécifique. Les méthodes d'affectation, et la nature des difficultés rencontrées nous semblent néanmoins assez générales pour être exposées ici.

2. LES OBJECTIFS

Lorsque le problème de l'automatisation du planning mensuel fut posé au groupe de recherche opérationnelle, il s'agissait surtout de résoudre avec l'aide de l'ordinateur un problème impliquant la manipulation d'un très grand nombre de données. Cette intervention faisait suite à la résolution satisfaisante du problème du plan de gestion annuel et d'embauche des stewards et hôtesses.

2.1. Intérêt de l'automatisation

Actuellement, les agents de planning gèrent en été près de 2 000 personnes basées à Paris.

Ils doivent préparer leurs affectations du mois suivant, tout en réajustant quotidiennement les tâches du mois en cours. Le planning mensuel représente plus de 20 000 tâches à répartir en respectant une foule de contraintes complexes. Ce travail manuel répétitif deviendra d'année en année plus difficile. Il convient donc de l'automatiser ou d'en changer les principes, car il risque de devenir impraticable avec la croissance des effectifs. Cela a déjà été le cas pour la réservation des places, qui est automatisée dans toutes les grandes Compagnies.

2.2. Amélioration de la qualité des plannings

Les plannings individuels doivent satisfaire de nombreuses contraintes légales, et tenir compte des desiderata exprimés par le personnel. Ils doivent, en outre, équilibrer les charges de travail de tous, et éviter de programmer des heures supplémentaires onéreuses dues à une mauvaise répartition.

Enfin, le planning doit assurer la meilleure qualité de composition d'équipage des vols, en adaptant les qualités des individus affectés à la ligne ; en particulier la langue du pays de destination doit être parlée par quelques personnes de l'équipage (anglais et français étant les langues de base obligatoires).

2.3. La gestion en temps réel

La fabrication des plannings du mois suivant est l'une des charges du planning. L'autre consiste à gérer le personnel au jour le jour et à rattraper les conséquences des aléas : maladies, annulations ou retards de vols, création de vols nouveaux, modifications des stages... La mise au point d'un planning mensuel automatique est une première étape. Lorsqu'elle sera réalisée avec succès, on pourra envisager d'automatiser, grâce à des téléimprimeurs reliés au calculateur central, la collecte des données, puis élaborer des méthodes automatiques pour proposer des réajustements d'affectation au fil des aléas.

Nous obtiendrons ainsi une chaîne intégrée dont le planning mensuel constitue la première phase.

3. LE PROBLEME

3.1. Le planning manuel

Nous avons indiqué que le personnel navigant recevait chaque mois ses affectations du mois suivant. Pour cela, vers le 15 de chaque mois, les agents de planning reçoivent les données des rotations types d'équipage qu'il faut répartir le mois suivant. Pour égaliser les charges (et les salaires) des diverses catégories du personnel de cabine, des déversements de

personnel entre catégories, et des variations de composition d'équipage des rotations sont réalisés. Puis, les tâches imposées (stages, visites médicales, contrôles en vol...) sont décidées et affectées en même temps que les desiderata individuels sont acceptés par le Commandement (jours de repos, vols demandés.)

Les tâches restantes sont ensuite réparties sur le personnel pour achever le planning. On obtient ainsi le planning général sous forme de grands graphiques sur lesquels une ligne horizontale représente l'activité d'une personne sur le mois et porte les diverses tâches attribuées à cette personne durant le mois.

Ce graphique achevé est photocopié et découpé en bandes étroites remises aux intéressés. L'original sert à suivre la réalisation et à réagir aux aléas.

On distingue plusieurs catégories de personnel (fonctions) :

- cadres (effectuant quelques vols par mois),
- chefs de cabine (hommes ou femmes),
- stewards (saisonniers ou statutaires),
- hôteses (saisonnières ou statutaires).

On distingue ensuite plusieurs secteurs :

- long-courriers (ventilés en plusieurs zones),
- moyen-courriers (ventilés en plusieurs zones).

3.2. Egalisation des charges individuelles

L'une des difficultés est d'arriver à égaliser les charges : la somme des heures de vol mensuelles d'individus présents tout le mois doit être presque égale. Les repos légaux doivent être bien répartis, les tâches identiques ne doivent pas se succéder, les heures de vol par quinzaine doivent rester dans des limites données, les tâches indésirables (réserves) doivent être également réparties.

3.3. Les contraintes légales et les desiderata

Nous n'énumérerons pas toutes les contraintes obligatoires (maximum d'heures de vol, repos, visas...). Elles sont facilement prises en compte dans les instructions logiques d'un programme ordinateur. Par contre, il existe des inconvénients à éviter : refus de desiderata, écart entre heures de vol mensuelles affectées et idéales, égalisation des charges. Nous avons demandé aux praticiens du planning manuel de traduire par des chiffres les inconvénients relatifs de ces 15 ou 20 types d'inconvénients. Le planning automatisé les prend en compte pour établir un compromis destiné à réduire l'ensemble de ces inconvénients.

3.4. Obtention de données exactes

Le planning mensuel suppose la connaissance de *toutes* les rotations d'équipage du mois suivant, avec leurs caractéristiques utiles (10 à

20 informations par rotation) ainsi que la liste des tâches particulières : (repos, réserves diverses). Ces informations sont heureusement identiques pour de nombreuses tâches quotidiennes ou périodiques. Mais il est indispensable de n'oublier aucune tâche, et de ne pas inclure de données fausses.

D'autre part, il faut connaître la *situation* passée et prévisionnelle de *chaque individu*. Le fichier de gestion ordinateur existant contient une bonne part du passé. Les tâches en cours et les préaffectations doivent être introduites et rapprochées du fichier tâches pour les contrôler et ne pas affecter des tâches inexistantes.

3.5. Sortie des résultats à dates fixes

En général, les plannings doivent être disponibles à la base d'Orly le 28 au matin pour les navigants qui passent les prendre. Il faut donc disposer à cette date :

- du planning général pour les agents de planning,
- des plannings individuels,
- des feuilles d'émargement qui donnent pour chaque vol partant de Paris la composition de l'équipage avec les noms et les qualités des gens affectés, lesquels devront signer sous leur nom lors du départ.

Il n'est pas question de retarder la remise de ces documents de plus d'un jour. Sinon, le personnel ignorerait ses affectations et devrait être désigné au dernier moment sur les premiers départs du mois, ce qui obligerait à refaire sur ces nouvelles bases tout le planning. En fait, on remettrait en ce cas des plannings manuels hebdomadaires semaine après semaine, jusqu'au mois suivant.

Sans être une application de gestion en temps réel, le planning mensuel automatisé est donc une application très contraignante dont l'ordonnancement doit être très rigoureux.

4. LA METHODE D'AFFECTATION

Comme toujours lors de l'analyse du problème, nous avons constaté que les agents de planning avaient recours à des procédures empiriques efficaces mais non automatisables.

Le planning manuel ressemble à la solution d'un puzzle particulièrement compliqué, car il faut contrôler la bonne adaptation des tâches distribuées en fonction des cumuls en heures de vol, de la disponibilité pendant la durée de la tâche, en conformité avec la légalité et les desiderata des individus. L'ensemble des règles ne nous fut du reste totalement révélé que progressivement, en dépit de la rédaction d'un cahier des charges remis aux spécialistes du planning dès le début de l'application.

D'autre part, les moyens assez réduits consacrés à ce problème, et les difficultés rencontrées firent durer l'analyse et la programmation, et durant ce temps, les règles évoluèrent souvent.

4.1. Principe de la méthode

L'élaboration d'un modèle et sa programmation sur ordinateur obligent en fait à employer des méthodes très différentes des procédures manuelles. Dans la recherche d'objets adaptables par leur forme et leur nature à diverses affectations, l'œil est un moyen commode pour saisir simultanément une foule de caractères propres à déterminer une ou plusieurs affectations convenables.

Au contraire, l'ordinateur devra procéder à des classements pour trier les objets par caractère, avant de retenir une affectation, à partir de critères quantifiés. L'intuition, où l'agent de planning excelle pour caser une tâche en modifiant en cascade les plannings de plusieurs stewards, nous fait ici défaut.

Plusieurs méthodes peuvent être conçues, mais les deux extrêmes sont les suivantes : la première consiste à *réaliser les plannings individuels l'un après l'autre*. Les premiers individus planifiés auront des tours de service parfaits, car le choix de rotations sera complet. Mais au fur et à mesure des affectations de tâches, le choix va se réduire, et il arrivera même que pour les derniers plannings, il y ait trop de tâches sur certains jours, et plus assez pour d'autres. Ce fait résulte de ce que l'addition d'optima particuliers ne peut conduire à un optimum général.

La méthode opposée consiste à *réaliser le planning jour après jour*, en affectant non pas par ligne (correspondant aux individus) mais par colonne (correspondant aux affectations de tous les agents pour un même jour). Toutes les tâches débutant un jour donné devront être réparties entre les individus affectables ce jour-là, de façon optimale, puis on avancera le planning de jour en jour jusqu'à la fin du mois.

Cette méthode ne conduit pas non plus à un optimum général, puisque l'optimum trouvé pour un jour ne tient pas compte des affectations ultérieures mais, moyennant certaines précautions préalables, et compte tenu de charges et de disponibilités assez voisines au cours du mois, les risques sont moindres que dans l'autre méthode. Les agents de planning utilisent en fait une procédure mixte.

Il reste à trouver une méthode de répartition optimale de n tâches entre m personnes ($m > n$). Pour cela, la méthode hongroise est parfaitement adaptée. Son seul inconvénient est le temps de résolution qui croît plus vite que le carré du nombre d'objets à affecter.

Heureusement, l'existence de catégories séparées de personnel nous permet de découper le problème sans renoncer à l'optimum. Mais il subsiste des catégories de personnel (hôtesses dont le nombre excède les capacités de traitement. Là encore, on peut s'appuyer sur les spécialisations (faisceau géographique, visas...) mais finalement, on est amené à fractionner arbitrairement des populations analogues en 2 ou 3 groupes de moins de 140 personnes. On évite ainsi d'avoir à traiter des matrices de plus de 100 lignes de côté. Mais en contrepartie, il est nécessaire de procéder à un partage équitable des tâches mensuelles entre les groupes d'une même population.

4.2. Répartition des tâches entre les groupes

La nécessité de fractionner une population en groupes de moins de 140 personnes s'accorde bien avec l'existence de spécialisations partielles. On regroupera donc les individus ayant des qualifications pour un certain type avion, ou ayant certains visas, ou parlant une langue rare. Ces groupes recevront donc toutes les tâches pour lesquelles ils sont particulièrement adaptés, ainsi que les tâches correspondant à leurs pré-affectations ou à leurs desiderata. Ces tâches ne leur suffisent pas. Il convient donc d'équilibrer les charges des groupes avec un ensemble de tâches communes appartenant au « pool ».

Pour parvenir à cet équilibre, il a fallu procéder à un double examen, sans citer ici d'autres équilibrages et contrôles qui ont été programmés par ailleurs. Cet examen consiste à dénombrer dans chaque groupe d'une même population pour chaque jour du mois, le *nombre de personnes affectables*, une fois neutralisées leurs indisponibilités individuelles et les effectifs nécessaires ce jour-là à toutes les tâches déjà distribuées au groupe, puis à décompter les *heures de vol manquantes* pour amener ce groupe à son potentiel mensuel.

Ceci fait, nous comptons à partir du premier jour du mois les nombres de tâches débutant quotidiennement dans le pool. Ces tâches sont jour après jour ventilées entre les groupes concurrents au prorata de leurs disponibilités quotidiennes en individus affectables. Pour équilibrer les potentiels, on distribue les tâches les plus denses en heures de vol au groupe dont le taux de rotation sur les tâches actuellement distribuées est le plus faible. Au fur et à mesure de la répartition, une mise à jour est faite. On arrive seulement ainsi à une bonne répartition en disponibilités quotidiennes et en heures de vol mensuelles.

4.3. Les affectations quotidiennes par la méthode hongroise

Après la répartition équitable des tâches entre les groupes, il convient de distribuer les tâches à chaque individu du groupe. On commence par distribuer les tâches imposées (stages, opérations obligatoires, congés...). Les tâches restantes (rotations, réserves, repos légaux) sont distribuées jour après jour.

Les n tâches débutant un jour donné doivent être réparties entre les m personnes disponibles au moins à partir de midi ce jour-là. Pour chacun des présents, on calcule les pénalités entraînées par l'affectation à chacune des tâches. Ces pénalités peuvent découler de l'absence des diverses qualifications liées à la tâche, tarifées à des niveaux divers. Lorsque certaines affectations sont impossibles, on donne une pénalité maximum qui entraînera l'annulation de la tâche. Il en va ainsi lorsqu'il y a absence de visa ou lorsque l'affectation est incompatible avec un repos ou une tâche obligatoire ultérieurs, ou si des règles légales ne sont pas respectées (dépassement des heures mensuelles).

Les règles précédentes ne permettent cependant pas d'égaliser les heures de vol entre les membres du groupe. Pour y parvenir, il faudra

contrôler en permanence que les heures de vol affectées à chacun suivent une croissance « idéale ».

Une personne moyenne doit réaliser x heures de vol dans le mois. Des coefficients de rattrapage et de compensation individuels modifient ce potentiel x en raison des écarts pris au cours des mois précédents ou des immobilisations sur le mois étudié. Chacun a donc un potentiel idéal d'heures de vol x_i pour ce mois. En déduisant les heures de vol et les durées d'indisponibilités liées aux tâches préaffectées, on obtient, pour chaque personne, une courbe idéale d'acquisition d'heures de vol durant ses périodes de disponibilité du mois.

Au fil des jours et des affectations, on cumule les heures de vol affectées. Un jour donné, pour chaque tâche affectable à une personne, on calcule à quel écart en heures de vol cette affectation possible conduirait à son échéance. Après multiplication par un coût unitaire, on ajoute cette nouvelle pénalité aux pénalités calculées plus haut.

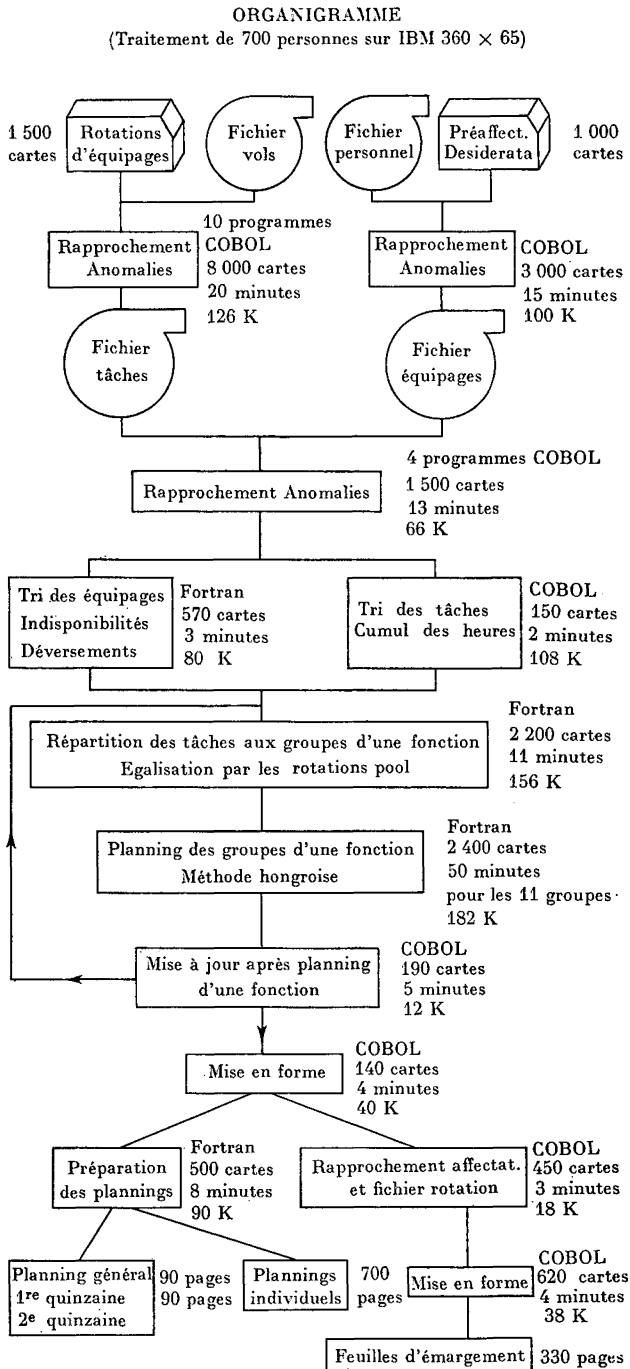
Moyennant un équilibrage convenable des diverses pénalités en jeu, la méthode hongroise fournit pour une journée la solution optimale des affectations des n individus disponibles.

Il y a presque toujours beaucoup moins de tâches que de personnes disponibles. En ce cas, la hongroise joue comme si les individus non affectés ne recevaient aucune pénalité. Ce n'est pas exact, car des individus en retard d'heures de vol risquent d'avoir accru ce retard. Leur maintien en disponibilité n'est justifié que si leur affectation entraîne des inconvénients plus graves. Pour prendre cela en compte, on introduit $m - n$ tâches fictives ne réclamant aucune qualification et n'ajoutant pas d'heures de vol.

S'il y a plus de tâches que de gens disponibles, comme on ne peut distribuer qu'une tâche par jour (ce qui s'arrange parfaitement avec la méthode choisie), il faut annuler par avance les $n - m$ tâches les moins importantes (réserves, puis repos, puis rotations qui peuvent être reportées soit sur un autre groupe, soit sur un autre jour).

La méthode permet d'optimiser les affectations quotidiennes en se prémunissant en partie sur l'avenir. Néanmoins, l'optimisation est locale et peut conduire à affecter un jour j à une tâche un individu interchangeable qui sera indisponible ensuite sur une tâche qu'il peut seul réaliser. On peut en ce cas difficilement faire un retour en arrière.

Par contre, le guidage à l'aide des potentiels est excellent. Pour les plannings en moyen-courriers, il conduit à des écarts qui dépassent rarement quelques heures de vol. En long-courriers, la même méthode ne convient plus. En effet, dans les derniers jours du mois, il existe de nombreuses rotations qui nécessitent 15 ou 20 heures de vol. En saison de pointe, la méthode décrite conduisait tous les individus d'un groupe à serrer de trop près le potentiel idéal, assez voisin du maximum mensuel de 80 heures. Pour résoudre le problème, nous avons créé autour de la courbe idéale une zone neutre assez large, sans pénalité. Cela favorise la dispersion et laisse vers la fin du mois des gens avec un potentiel propre



à absorber les rotations denses. Pour atteindre cependant le potentiel idéal, nous avons introduit une bonification lorsqu'une tâche conduit quelqu'un à un voisinage étroit de son potentiel mensuel ⁽¹⁾.

Grâce à une analyse et une programmation très étudiées, la résolution d'une hongroise 60×60 prend seulement quelques secondes sur un 360×65 . Sur un UNIVAC 1108, la résolution d'une hongroise 200×200 a pris 28 secondes.

Les affectations faites, on met à jour les nouvelles dates de disponibilité des individus, et leur cumul en heures de vol, et l'on continue.

4.4. Organigramme du traitement

Nous ne donnerons pas plus de détails sur les règles d'affectation, les contrôles et les programmes, car cela constitue un cahier des charges complexe et sans intérêt sur le plan des méthodes, et nous indiquerons seulement sur un organigramme les principales étapes du problème.

L'organigramme est seulement indicatif. Pour une population de 700 personnes affectées à des moyen-courriers, la constitution des bandes de données tâches et équipages nécessite plusieurs séries de passages entre le 18 et le 25 du mois pour entrer les données nouvelles et détecter toutes les anomalies, ce qui prend environ 6 h d'ordinateur, à base de tri et d'écriture. La phase de rapprochement de ces données, de partage des tâches entre groupes, de répartition par la hongroise et de mise en forme des sorties prend 2 h de 360×65 , ce qui est peu pour résoudre entre autres le calcul des pénalités et optimiser par la hongroise les 30 jours du mois pour les 11 groupes formés par les 700 personnes (une matrice moyenne représente 2 000 cases environ).

Les programmes saturent pratiquement les 256 K du calculateur (65 K sont déjà pris par le système). Deux analystes programmeurs ont mené à bien la presque totalité de l'étude.

5. LES DIFFICULTES DE L'AUTOMATISATION

Au cours de l'étude, de très nombreuses difficultés se sont rencontrées. Bien que spécifiques de l'application, elles présentent un caractère assez général pour être recensées.

5.1. La collecte des données

Les données nécessaires sont très importantes. Pour les équipages, il faut mettre à jour la bande magnétique du fichier du personnel, et y adjoindre les informations prévisionnelles. L'obtention de ces dernières à date fixe, sans remise en cause ultérieure a été difficile. Elle apparaît à la fois comme une privation de souplesse, mais aussi comme un motif

(1) En fait cela consiste à majorer d'un montant égal toutes les affectations ne conduisant pas au potentiel cherché, afin de conserver toutes les pénalités d'affectation positives.

utile de discipline, la souplesse introduisant le désordre et profitant souvent aux mêmes personnes. Pour limiter les particularismes, et faciliter la mise en mémoire, nous avons limité les préaffectations et desiderata à 4 par mois et par personne. Les exceptions donnent lieu à planning manuel et à une entrée spéciale.

Les rotations contiennent de très nombreuses données qui sont fournies à la main. Ces données sont ensuite complétées à l'aide du fichier vols existant sur bande magnétique. Pour les moyen-courriers, il existe 200 rotations périodiques par saison (hiver, été) et quelques dizaines de rotations spéciales par mois. Par contre, les long-courriers, en particulier sur l'Amérique du Nord donnent lieu à des rotations d'équipages presque toutes différentes. La codification et la correction d'erreur manuelles d'environ 500 rotations par mois a paru sans intérêt. En attendant la fabrication automatique de ces rotations, en cours de programmation, le planning des équipages long-courriers reste manuel.

5.2. Contrôle et correction des données

Comme la phase de planning est réalisée en 2 h par ordinateur au lieu de durer 8 jours, à la main, il est possible d'attendre plus tard les dernières données équipages, pour partir de données récentes. Par contre, les données rotations et équipages doivent donner lieu à plusieurs passages sur ordinateur, pour rectifier successivement les anomalies détectées. Ce travail est ordonnancé sur plusieurs jours, avec un ordre de priorité très grand. L'analyste et les correspondants du service de planning collaborent à ces contrôles. La collecte des données est faite par le planning et entraîne la perforation de quelques milliers de cartes.

5.3. Disponibilité de l'Informatique

Si le planning automatisé n'est pas prêt à temps, les affectations du personnel devront être faites à la main par morceau et rapidement. Tout doit donc être mis en œuvre pour éviter un tel accident. Dans ce but, nous avons la possibilité de réaliser le traitement sur un second calculateur 360×50 , en un temps beaucoup plus long. Certains passages de détection d'anomalies pourraient également être supprimés en cas de retard. Des contrôles nombreux et complets sont faits à toutes les étapes, et ils ont représenté une partie très importante du problème.

5.4. Fiabilité de l'application

Nous avons vu que les moyens informatiques devaient être disponibles à temps, et nécessitaient pour cela un doublement pour la sécurité. Ce doublement pourrait être prévu par contrat avec une firme extérieure, mais il faut que les configurations des ordinateurs soient compatibles. Au cas improbable où tout cela ne suffirait pas, des procédures manuelles de secours sont prévues. Enfin, quelques tâches peuvent être refusées. Les agents de planning procèdent alors à des réajustements du planning automatique, car ils ont l'habitude de les faire durant le mois. Les tâches réserves réparties sur tous les groupes facilitent cette opération.

5.5. Evolution des règles de procédures

Lorsque des moyens réduits sont mis en œuvre sur de si grosses applications, l'analyse et la programmation durent longtemps (3 ans de 2 programmeurs). Le résultat est que les règles arrêtées à une époque ancienne ont évolué et remettent en cause de nombreux programmes. En outre, plus de la moitié des programmes avaient été faits pour des UNIVAC 1108 et durent être repris lorsque ces calculateurs furent réservés pour les véritables problèmes de temps réel.

Sans la collaboration efficace de représentants de la direction du transport pour initier les agents de planning, rassembler les données et critiquer les résultats des premiers essais, l'application n'aurait pas abouti.

Il est indispensable d'établir dès que possible une collaboration étroite entre chercheurs opérationnels, analystes, programmeurs et utilisateurs pour réussir, ce qui fut obtenu dans notre cas, en dépit de la longueur de l'étude propre à décevoir la patience.

5.6. Rentabilité de l'application

Ce devrait être le premier souci avant de lancer une telle étude, sauf si l'automatisation apparaît la seule solution à long terme, ce qui était ici partiellement le cas. La rentabilité a plusieurs aspects : le plus évident consiste à déterminer les économies réalisées par l'automatisation, amortissements de l'étude compris. Sur ce plan, il n'y aura pas d'économies en 1970 car deux agents de planning non nécessaires seront conservés à titre de secours. En 1971, les effectifs existants suffiront et on économisera les 3 ou 4 agents de planning qu'auraient entraîné la croissance du trafic, et la décroissance des rendements, ce qui couvre le coût moyen de l'automatisation. Par contre, si nous considérons l'opération comme marginale, on pourrait compter les heures ordinateur au tarif des heures supplémentaires, beaucoup plus réduit dans notre cas, ce qui rend l'affaire intéressante. Enfin, il faudrait savoir si la méthode sera applicable assez longtemps pour rembourser le temps consacré à l'analyse et aux essais par toutes les personnes concernées, soit près de 10 années de spécialiste.

C'est pourquoi la rentabilité réside beaucoup moins dans des économies d'agents que dans l'amélioration de qualité du travail. Cela ne signifie pas que le planning manuel soit mauvais, et il est remarquable, au contraire, qu'un travail aussi difficile et minutieux soit aussi bien fait, au milieu des préoccupations de réajustement du planning du mois en cours. Mais à cause de ce travail en fin de mois, les agents de planning peuvent consacrer moins d'attention aux réajustements au moment où ils se traduisent par l'équilibrage des heures de vol, et la matérialisation d'heures supplémentaires.

Le planning automatique permet de constituer des équipages mieux équilibrés par rotation, donc de qualité supérieure et uniforme. Les plannings individuels sont également plus standardisés. Enfin, l'auto-

matiation nécessite une discipline et entraîne une égalité de traitement souhaitable. Elle offre surtout des documents très complets et bien imprimés.

Ces qualités sont difficilement chiffrables, mais elles sont plus importantes que les économies d'exploitation.

Un avantage annexe est de pouvoir expérimenter facilement les conséquences de toute une série de changements de règles pour en discuter avec les syndicats. A l'inverse, la méthode est incompatible avec un grand nombre de modifications des procédures, et peut de ce fait éliminer des solutions ou devenir caduque.

6. CONCLUSIONS

La rentabilité d'applications de cette envergure peut apparaître faible à leur fin. La difficulté est surtout de l'apprécier au départ. En effet, il n'est pas évident qu'une méthode d'optimisation efficace soit mise au point, et le temps ordinateur qu'elle prendra n'est pas aisément estimable. Les difficultés de collecte et de contrôle des données ne peuvent être décelées qu'au fur et à mesure, et le succès ne peut être mesuré que lorsqu'une expérience complète est réalisée en parallèle. Enfin, les gains en qualité de planning sont également délicats à chiffrer. Il y a en fait trois types de difficultés à vaincre. La première est la conception de méthodes et d'algorithmes adaptés, la seconde est de réussir l'analyse et de faire des programmes performants dans les limites des calculateurs disponibles, la troisième est d'ordre psychologique : elle consiste à savoir associer les efforts de tous à la réussite du projet. Sur ce dernier point, nous avons eu la chance d'obtenir une collaboration très efficace des analystes, des responsables méthodes et des spécialistes et agents de planning, en dépit de la durée du projet.

6.1. Une opération d'apprentissage

Telle quelle, cette réalisation a été menée à sa conclusion. Évidemment, si nous devons la reprendre, nous opérerions différemment.

Des moyens plus importants pour la programmation et une segmentation convenable des programmes gagneraient du temps programmeur et des délais. Une expression plus détaillée des règles, et une participation ininterrompue des spécialistes éviteraient des méprises. La méthode, en particulier la hongroise, s'est révélée bien adaptée.

6.2. Les développements et l'intégration

L'automatisation du planning mensuel est une étape dans le processus d'automatisation des affectations d'équipage. Parallèlement, nous étudions l'automatisation de fabrication des rotations types d'équipages mais là encore, une difficulté réside dans les exceptions et les vols irréguliers qui compliquent la programmation et les contrôles. Lorsque ce

travail sera fait, il supprimera les nombreux passages et contrôles de rotations actuels. Le planning des équipages long-courriers sera possible.

Lorsque le planning mensuel automatisé sera rodé, il sera possible par téléimprimeur de relier les agents de planning à l'ordinateur et de mettre à jour plus rapidement les données du personnel, en supprimant aussi les phases de contrôle actuelles.

Enfin, le planning mensuel étant en mémoire, il sera possible de concevoir et de programmer des méthodes propres aux réajustements quotidiens après aléas.

L'objet de ces méthodes serait de rechercher un ajustement minimisant les changements de planning des équipages ainsi que les inconvénients pour la Compagnie. Plusieurs solutions possibles pourraient être proposées au choix final de l'agent de planning.

Enfin, dans la mesure où le personnel de cabine s'estimera satisfait, il sera possible d'étendre, avec des modifications appropriées des règles d'affectation, la même méthode aux équipages de pilotes et de mécaniciens.

Tous ces développements dépendront du succès de la mise en œuvre du planning automatisé des équipages de cabine en moyen-courriers, lancé au début de 1970, après des essais successifs satisfaisants en parallèle réalisés depuis novembre 1969. Le coût de ces développements sera moins élevé car ils bénéficieront de l'expérience et des programmes actuels, et ils permettront peut-être d'obtenir une chaîne intégrée tout à fait efficace allant du planning mensuel au planning quotidien.