

Planification sous incertitudes de la maintenance des Hélicoptères

Malek Masmoudi, Alain Haït

Université de Toulouse ; Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace ;
10 av. Edouard Belin, F-31055 Toulouse, France
{malek.masmoudi,alain.hait}@isae.fr

Mots-Clés : *maintenance, planification, incertitudes, PERT flou.*

1 Introduction

La maintenance est un domaine qui prend de plus en plus d'importance dans l'industrie aéronautique. Le projet Hélimaintenance, labellisé par le pôle de compétitivité Aéronautique, Espace et Systèmes Embarqués, consiste à mettre en place un centre dédié à la maintenance des hélicoptères civils. Dans ce contexte, l'organisation de l'atelier de maintenance est un point important, et les nombreuses incertitudes inhérentes au domaine obligent à mettre en place des approches de planification adaptées. Dans ce travail nous proposons un modèle flou pour la planification de la maintenance des hélicoptères.

2 Maintenance aéronautique

La maintenance des hélicoptères consiste à effectuer toutes les actions nécessaires pour garantir le niveau requis de fiabilité, sécurité et capacité opérationnelle. Le plan de maintenance d'un aéronef comprend la périodicité de révision des équipements (limites calendaires et/ou en nombre d'heures de vol et/ou en nombre de cycles décollage-atterrissage). Il est établi par le constructeur sur la base d'études de fiabilité. Sur cette base, le programme de maintenance est établi par le propriétaire de l'appareil et validé par les autorités. Les tâches à réaliser lors d'une révision varient donc en fonction de l'exploitation de l'hélicoptère, l'historique des équipements et des choix faits par le propriétaire. La date d'entrée en révision de l'hélicoptère dépend de son exploitation et d'éventuelles défaillances qui obligent à anticiper la révision.

La planification de la maintenance vise à organiser au mieux l'activité d'un atelier avec d'une part la liste des tâches à réaliser pour chaque hélicoptère et d'autre part la logistique (approvisionnements, stocks et échanges de pièces) et la gestion des capacités techniques et humaines. L'objectif est de minimiser la durée d'immobilisation des hélicoptères et le coût d'exploitation de l'atelier. Le planning de maintenance est très loin d'être déterministe en raison des nombreuses incertitudes qui entachent l'activité. Une particularité du projet hélimaintenance est la présence d'un nombre important de clients ayant peu d'hélicoptères (2 à 3 en moyenne), ce qui limite l'applicabilité d'approches globales d'optimisation telles qu'on peut en trouver dans le domaine militaire [1]. Nous proposons donc un cadre de décision de planification sous incertitude basé sur la théorie des possibilités [2, 3].

3 Planification sous incertitudes

Ce travail se focalise sur les grandes visites (GV), révisions ayant lieu en moyenne tous douze ans. Ces révisions lourdes touchent tous les aspects (structure, avionique et mécanique) et peuvent durer plus de six mois. Au niveau planification, les tâches sont regroupées en macrotâches par spécialité, correspondant à des compétences des opérateurs. Elles contiennent le travail prévu pour la GV plus les actions correctives supplémentaires découvertes lors du démontage de l'hélicoptère. Leur durée dépend de la quantité de travail et des délais d'approvisionnement pour les travaux imprévus. La nature des incertitudes rencontrées nous amène à associer deux approches pour la planification :

- la modélisation par ensembles flous est pertinente si peu d'information est disponible. C'est par exemple le cas pour la date d'entrée en révision, dépendante de l'exploitation sur laquelle on aura difficilement des statistiques fiables. C'est également le cas pour la durée de certaines tâches de maintenance corrective : la variété des équipements et de leur état ne permet pas d'avoir suffisamment d'information pour une approche probabiliste.
- la constitution de scénarios permet de limiter les incertitudes dans des domaines raisonnables (au prix d'une combinatoire accrue). On citera à nouveau le cas de la maintenance corrective : suivant si la pièce de rechange est en stock dans l'atelier ou chez un fournisseur, ou si à l'extrême il faut relancer une série en production, le délai d'approvisionnement peut changer radicalement.

Chaque GV constitue un projet à part entière, dont la date de début et certaines durées sont floues. Afin de prendre en compte les nouvelles informations et diminuer l'incertitude, la planification est mise à jour périodiquement ainsi qu'à l'occasion de jalons qui figent des scénarios (ex. fin d'inspection préliminaire → connaissance des travaux supplémentaires à réaliser). Elle est établie sur un horizon glissant d'un an dans lequel sont insérés les projets au fur et à mesure de leur apparition.

Pour un scénario donné, les calculs des dates de début et de fin des tâches, ainsi que leurs marges, sont établis conformément aux principes de composition des profils flous, tel que décrit dans le travail de Fortin sur le PERT flou [4]. Si le calcul des dates au plus tôt et des marges libres ne pose pas de problème, il est à noter qu'on ne peut pas appliquer un classique calcul en arrière pour obtenir les dates au plus tard, car sinon les incertitudes seraient comptées deux fois. La prise en compte des ressources est primordiale pour la planification. Peu de travaux abordent le problème du RCPSP flou[5]. Nous proposons une approche pour établir des profils de ressource en accord avec les dates calculées, mais qui ne soient pas surdimensionnés. Cette approche, basée sur la théorie des possibilités, détermine les profils de charge des tâches à partir des profils probables et nécessaires de réalisation de ces tâches. Une fois ces profils établis, un bilan par période du besoin en ressources est effectué. Le cadre de décision s'appuiera sur les modèles proposés. Les décisions à étudier sont par exemple l'intégration d'un nouveau projet compte tenu des projets existants, la détermination de la date de début de la révision ou les actions à mettre en place en terme de ressources (nombre d'équipes, appel à l'intérim).

Références

- [1] R.A. Hahn, A. M. Newman, Scheduling United States Coast Guard helicopter deployment and maintenance at Clearwater Air Station. *Computers and Operations Research*, 35(6) :1829-1843, 2008.
- [2] L. Zadeh, Fuzzy sets as basis for a theory of possibility, *Fuzzy Sets and Systems*, 1 :3-28, 1978.
- [3] D. Dubois, H. Prade, *Théorie des possibilités*, Masson, 1985.
- [4] J. Fortin. Analyse d'intervalles flous, application à l'ordonnancement dans l'incertain. *Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse*, 2006.
- [5] M. Hapke, R. Stowiński, A DSS for resource-constrained project scheduling under uncertainty, *Journal of Decision Systems*, 2(2) :111-128, 1993.