

Choix d'investissement pour la politique de maintenance préventive. Cas d'une PME opérant dans le secteur aéronautique

Mohamed Oualid EL BAKI¹, Rachid ZAMMAR²

¹ Université Mohammed V de Rabat & Mail : elbaki.mohamed.oualid@gmail.com

² Université Mohammed V de Rabat & Mail : rachid.zammar@fsr.um5.ac.ma

Résumé

Cet article se propose de traiter de la problématique consistant à choisir le type d'investissement adéquat pour la politique de maintenance préventive afin de garantir la bonne performance commerciale de la PME en charge de la sous-traitance. Pour ce faire une étude terrain a été effectuée auprès d'une PME opérant dans le secteur aéronautique. La simulation financière effectuée a permis de relever les gains significatifs dans le cas d'application d'une politique de maintenance préventive.

Mots-clés : Aéronautique, PME, maintenance préventive, investissement, coûts

Abstract

This article proposes to deal with the problem of choosing the appropriate type of investment for the preventive maintenance policy in order to guarantee the good commercial performance of the SME in charge of subcontracting. To do this, a field study was carried out with an SME operating in the aeronautical sector. The financial simulation carried out made it possible to identify significant gains in the case of application of a preventive maintenance policy.

Keywords: Aeronautics, SME, preventive maintenance, investment, cost.

INTRODUCTION

Le choix d'investissement et la nature de l'apport constituent un acte incontournable pour la pérennité de n'importe quelle entreprise, et que cela relève d'un investissement au niveau de la stratégie globale, tactique ou opérationnelle.

Dans la présente étude, l'entreprise ciblée opère dans le secteur aéronautique et précisément dans le domaine lié aux politiques de maintenance des engins de l'avion. Son centre se voit dans l'obligation d'adopter une stratégie de maîtrise et de rationalisation des coûts liés à la maintenance. La fiabilité d'un équipement, de ses données et de ses interventions correspondantes est un souci

majeur pour toute entreprise qui veut atteindre et maintenir un niveau raisonnable de rentabilité.

Il s'agit d'un système de freinage d'avion (appelé communément dans cet article : Inverseur) et qui, malgré sa nouvelle génération, tombe fréquemment en panne, engendre plusieurs plaintes et pénalise la compagnie client en termes de disponibilité d'avions. Ce qui lui fait perdre beaucoup d'argent. Cet inverseur est composé de plusieurs composants, nous nous contenterons uniquement des six les plus indispensables. Ces composants sont comme suit : l'unité des accessoires de l'engin (composant 1), le contrôle valve (composant 2), le capteur de mouvement (composant 3), le système de verrouillage (composant 4), le capteur de synchronisation (composant 5) et finalement les vérins hydrauliques (composant 6).

La problématique consiste à choisir le type d'investissement adéquat pour la politique de maintenance préventive établie par les normes constructrices, et cela pour garantir la bonne performance commerciale de la PME en charge de la sous-traitance, et gagner en termes d'optimisation de charges de maintenance (Préventive Vs Corrective).

Nous évaluons les gains éventuels que nous pouvons tirer si nous réalisons la nouvelle politique d'investissement de maintenance proposée pour permettre la suppression des pertes causées et garantir un niveau souhaité de rentabilité, et cela à travers une étude menée sur chaque composant cité ci-dessus d'une manière séparée.

Nous signalons à ce stade que le nombre alloué par composant de la flotte sujet d'étude se résume comme suit :

Composant 1	Composant 2	Composant 3	Composant 4	Composant 5	Composant 6
2 (2 pour chaque avion)	36 (1 pour chaque avion)	144 (4 pour chaque avion)	144 (4 pour chaque avion)	144 (4 pour chaque avion)	432 (12 pour chaque avion)

Le taux de conversion du Dollar au Dirham adopté pour cet article est de 8.

1. Méthodologie

La première phase était d'effectuer une lecture approfondie de la disposition générale de l'avion et des engins aéronautiques, et vu la diversification et la grande disposition de la littérature technique, nous étions amenés à se concentrer sur le manuel de maintenance Air Craft (ATA¹), qui est divisé ensuite en différentes sections numérotées de 1 à 3 chiffres selon la grandeur de l'engin (cas de l'inverseur) sujet d'étude (ATA78). Cela nous a permis de retenir six composants critiques de l'ATA en question, et qui constituent presque 85% de l'ensemble de ses composants internes.

Ensuite, nous nous sommes intéressés à l'importance de la maintenance préventive en fonction des données établies par la PME, concernant les composants de l'inverseur et les pertes/diversions résultantes en cas de pannes ou de problèmes techniques.

Finalement, nous nous sommes focalisés sur les simulations existantes sur les éventuels gains en cas d'application de la maintenance préventive pour les composants phares de l'inverseur. Ce qui a permis une bonne compréhension de la corrélation entre les pertes et les diversions de l'avion avec la bonne performance commerciale

de l'entité et les valider avec le responsable technique de la PME.

Signalons qu'une heure de retard engendre une perte moyenne de 6100\$ et une diversion d'avion d'une perte moyenne de 27000\$, ainsi pour la totalité des équipements, nous avons supposé que la réduction des pertes serait de 80% sauf pour le cas du composant 6 vu sa norme constructive spéciale (90%).

Pour évaluer le manque à gagner en termes de perte (Retard/ou Diversion) dans le cas de l'application de la politique de maintenance préventive, nous nous sommes basés sur l'historique de deux années fiscales consécutives. Ainsi nous avons commencé par lister l'état des pertes par composant (en concertation avec l'équipe technique de l'entreprise).

Composant 1

Les retards causés par ce composant unité durant les deux exercices annuels sont comme suit :

Retards engendrés (min)	Dépenses non programmées	Retards réinitialisation (min)
34	4	1 392

Le coût moyen de dépose est de 10045\$. Ainsi les pertes éventuelles s'élèvent à 43636.67\$ ($4 \times 10045 + (34/60) \times 6100$) et les pertes du BITE² sont égales à 141520\$ ($(1392/60) \times 6100$). Soit un total de: $141520 + 43636.67 = 185156.67$ \$ (1 481 253.36dhs)

Ces pertes sont généralement dues soit à la mauvaise manipulation durant les interventions de la maintenance, soit à cause du fait que la majorité des intervenants effectuent (i.e : réinitialisation) sans prélever exactement l'inconvénient qui persiste malgré que le message soit disparu.

Composant 2

De même, pour le composant 2.

Retards engendrés (min)	Dépenses non programmées
0	2

¹ ATA: Air Transportation Association: une appellation numérotée des composants d'un engin aéronautique.

² BITE : Built In Test Equipment: signifie la mise à jour du composant en question.

Le coût moyen de dépose : 8090\$ et les pertes éventuelles sont estimées à: $P = 2 \times 8090 = 16180$ \$ (449.5\$ pour un seul Composant)

Composant 3

Pour le composant 3, il a engendré, en outre des retards, un cas de diversion de l'avion.

Retards engendrés (min)	Dépotes non programmés	Diversion
125	0	1

Les pertes éventuelles sont égales à: $P = 27000 + (125/60) \times 6100 = 39708.33$ \$ (275.75\$ pour un seul composant)

Composant 4

Concernant ce composant, nous avons noté aussi un cas de diversion.

Retards engendrés (min)	Dépotes non programmés	Diversion
75	0	1

Les pertes éventuelles sont comme suit:
 $P = 27000 + (75/60) \times 6100 = 34625$ \$ (240.45\$ pour un seul capteur)

Composant 5

Retards engendrés (min)	Dépotes non programmés
213.2	3

Le coût moyen de dépose est 3290\$ et les pertes éventuelles : $P = 3 \times 3290 + (213.2/60) \times 6100 = 31545.33$ \$ (219.06\$ pour un seul Sync Lock)

Composant 6

Retards engendrés (min)	Dépotes non programmés
233	22

Le coût moyen de dépose est 15360\$ et les pertes éventuelles s'élèvent à: $P = 361608.33 = 22 \times 15360 + (233/60) \times 6100$. (837\$ pour un seul composant).

Ensuite, nous avons procédé à une simulation des gains éventuels résultant de l'application de la politique d'inspection en tenant compte de son coût et sa faisabilité pour chaque composant de l'inverseur. Les inspections sont déterminées en concertation avec la commission interne

technique de la PME, et le calcul est effectué sur la base de 24 mois.

2. Analyse des résultats et discussions

L'application des inspections a permis de faire ressortir les résultats suivants:

Pour le Composant 1 : Si on effectue une inspection chaque 1050 heure durant 2 ans de vols (approximativement 5110 heures de vol), on aura 7 inspections.

Le coût de l'inspection est: $I = 7 \times 45 \times 0.166 = 52.48$ \$ (0.166 heure pour l'inspection et 45\$ pour une heure de main d'œuvre).

Le gain éventuel sur un seul composant: $0.8 \times 449.5 - 52.48 = 307.12$ \$ (153.56\$ pour un an).
 Le gain annuel éventuel sur un avion est de l'ordre de 153.56\$ et le gain annuel éventuel sur la flotte sera comme suit: $153.56 \times 36 = 5528.16$ \$ (environ 44225.28 dhs).

Pour le Composant 2 : Si on effectue une inspection chaque 1050 heure durant 2 ans de vols (approximativement 5110 heures de vol), on aura 7 inspections.

Le coût de l'inspection est: $I = 7 \times 45 \times 0.166 = 52.48$ \$ (0.166 heure pour l'inspection et 45\$ pour une heure de main d'œuvre).

Le gain éventuel sur un seul module est: $0.8 \times 449.5 - 52.48 = 307.12$ \$ (153.56\$ pour un an).
 Le gain annuel éventuel sur un avion sera 153.56\$ et le gain annuel éventuel sur la flotte : $153.56 \times 36 = 5528.16$ \$ (environ 44 225.28 dhs).

Concernant le Composant 3 : Si on effectue une inspection chaque 790 heures durant 2 ans de vols (approximativement 5110 heures de vol), on aura 7 inspections.

Le coût de l'inspection est: $I = 7 \times 45 \times 0.5 = 157.5$ \$ (0.5 heure pour l'inspection et 45\$ pour une heure de main d'œuvre).

Le gain éventuel sur un seul composant sera: $0.8 \times 275.75 - 157.5 = 63.1$ \$ (31.55\$ pour un an).
 Le gain annuel éventuel sur un avion sera 126.2\$ et le gain annuel éventuel sur la flotte : $126.2 \times 36 = 4543.2$ \$ (36 345.6dhs).

En ce qui concerne le Composant 4 : Si on effectue une inspection chaque 695 heures durant

2 ans de vols (approximativement 5110 heures de vol), on aura 7 inspections.

Le coût de l'inspection est: $I = 7 \times 45 \times 0.5 = 157.5\$$ (0.5 heure pour l'inspection et 45\$ pour une heure de main d'œuvre).

Le gain éventuel sur un seul composant sera: $0.8 \times 240.45 - 157.5 = 34.86\$$ (17.43\$ pour un an).

Le gain annuel éventuel sur un avion sera 69.72\$ et le gain annuel éventuel sur la flotte sera: $69.72 \times 36 = 2\,509.92\$$ (presque 20 079.36 dhs).

Pour le Composant 5 : Si on effectue une inspection chaque 3280 heures durant 2 ans de vols (approximativement 5 110 heures de vol), on aura une seule inspection.

Le coût de l'inspection est: $I = 45 \times 0.6 = 27\$$ (0.6 heure pour l'inspection et 45\$ pour une heure de main d'œuvre), donc à raison de 3888\$ pour toute la flotte.

Nous avons apporté aussi les charges relatives à l'amélioration corrective. En effet l'achat de la résistance coûte 556\$, et une seule est montée dans tout l'avion. Et puisque 7 avions étaient concernés, donc la somme totale de l'amélioration corrective est estimée comme suit:

- la main d'œuvre : $7 \times 10.5 \times 45 = 3307.5\$$;
- le coût total de l'acquisition : $7 \times 556 = 3\,892\$$;
- la charge totale : 7 199.5\$;
- le gain éventuel sur la flotte : $0.8 \times 31545.33 - 7199.5 = 18\,036.76\$$.

Pour une seule année : 9 018.38\$ (environ : 72147.56dhs).

En fin pour le Composant 6 : la correction de la politique en interne 1 a porté sur 26 avions.

$-26 \times 12 \times 2.5 \times 45 = 35\,100\$$ (seule la main d'œuvre 2.5h, le Kit est sous garantie).

-10 avions, $10 \times 12 \times 2.5 \times 45 = 13\,500\$$, $1087 \times 10 \times 12 = 130\,440\$$ (main d'œuvre (2.5h) et le coût d'acquisition 1087\$).

La correction de la politique en interne 2 (cela intéresse uniquement 2/3 de la totalité de la flotte, soit 24 avions).

$-24 \times 4 \times 45 \times 10.5 = 45\,360\$$ (seule la main d'œuvre 10.5h, le Kit est sous garantie)

Les gains éventuels (absence d'inspection) : $0.9 \times 361608.33 - 224\,400\$ = 101\,047.2\$$ (50 523.6\$ par année) (environ 404 189dhs pour toute la flotte).

Si on prend en considération seulement 5 composants (composant 2 jusqu'à 6), l'évaluation financière a permis de déceler des gains importants.

Ainsi l'analyse par avion (en \$) est donnée par le tableau ci-dessous :

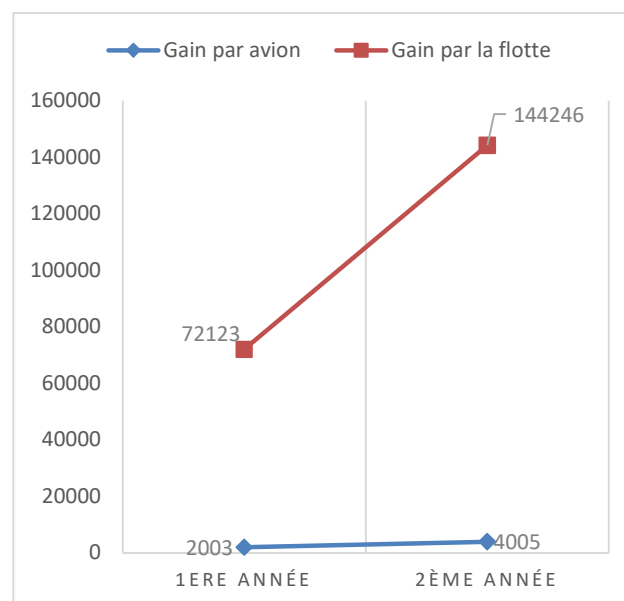
Gain par avion	Composant 2	Composant 3	Composant 4	Composant 5	Composant 6
Total par année	153	126	70	251	1403
Total par deux ans	306	252	139	501	2807

Et l'analyse pour toute la flotte (en \$) est résumée dans le tableau ci-après :

Gain par la flotte	Composant 2	Composant 3	Composant 4	Composant 5	Composant 6
Total par année	5528	4543	2510	9018	50524
Total par deux ans	11056	9086	5020	18037	101047

Le graphe ci-dessous illustre les deux analyses (par avion et pour toute la flotte).

Graphe 1 : Gain simulé en dollar



Nous pouvons constater que la politique proposée a permis de tirer des gains significatifs pour la PME au niveau de l'avion mais aussi au niveau de la flotte toute entière et qui a été confirmée par les dirigeants, ce qui met davantage le bon choix de l'investissement adopté pour ce type de maintenance.

Le tableau ci-dessous, permet de fournir la situation du coût de revenu de la flotte étudiée avant et après le modèle financier proposé : (pendant les 2 ans en MAD)

Coût avant le modèle	Coût après le modèle	Gain	Pourcentage de gain
5698426	4544454	1153972	20,25%

L'étude a permis d'apporter à la PME un gain intéressant aux alentours de 1.16 millions de dhs pendant 2 ans, ce qui signifie 20% par rapport au coût de maintenance total de la flotte.

Conclusion

Le parc avion dédié à la maintenance par la PME sujet d'étude comporte une flotte de 36 avions, soit 61% de la flotte entière de l'organisme client. De ce fait, une panne inopinée d'un système donné pourrait créer d'énormes complications sur plusieurs niveaux (programmation des vols, retards, réparation...), et donc des charges supplémentaires de maintenance et de la non fidélisation de la compagnie aérienne cliente.

Le cas de l'inverseur (de poussée) qui constitue l'épine dorsale du système de freinage de l'avion constitue un engin inquiétant en termes de fiabilité à la fois technique et financière de toute la flotte.

Dans cette perspective, les besoins d'amélioration sont devenus une obligation d'une part pour pallier aux dépenses inutiles (retards et diversions d'avions) et d'autre part pour faire face à la concurrence des entreprises dont le corps métier est la maintenance des engins aéronautiques.

De ce fait, le présent article a visé d'abord à améliorer la fiabilité des équipements jugés critiques du système d'inverseur, afin de diminuer les retards de départs d'avion et les

pertes résultantes, ensuite de simuler une étude technico-économique des gains significatifs dans le cas d'application d'une politique de maintenance préventive.

Une telle approche a démontré la nécessité d'une démarche stratégique en termes d'investissement, qui au lieu de continuer de mener les actions correctives avec des coûts fastueux, le choix s'effectue sur un coût réduit de maintenance préventive incluant une budgétisation réduite (de main d'œuvre par heure).

Bibliographie

- [1] Aircraft maintenance manual, disponible sur: https://www.aerospool.sk/downloads/RTC/A-S-AMM-01-000_I1_R6_20210428.pdf
- [2] Gordon Lawrence A., V.K. Narayanan. 1984. Management accounting systems, perceived environmental uncertainty and organization structure: An empirical investigation, *Accounting, Organizations and Society*, Volume 9, Issue 1, Pages 33-47.
- [3] Tebbi O. 2005. Estimation des lois de fiabilité en mécanique par les essais accélérés. Thèse de Doctorat, Université d'Angers. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel00009407/document>.
- [4] Tolstoy, Daniel & Nordman, Emilia Rovira & Vu, Uyen, 2022. The indirect effect of online marketing capabilities on the international performance of e-commerce SMEs, *International Business Review*, Elsevier, vol. 31(3).
- [5] Zwingelstein G. 1996. *La maintenance basée sur la fiabilité*, Edition Hermès-Lavoisier.