

L'entretien et la maintenance à Air France

Gérard de Férandy

LE transport aérien est l'une des activités humaines qui a subi, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'évolution industrielle la plus spectaculaire. Les lignes aériennes de tous les pays étaient organisées, avant la guerre, sur une base presque artisanale.

Air France, le conflit terminé, dut « repartir de zéro » dans tous les domaines et orientait d'emblée ses techniciens dans la voie d'un transport aérien organisé sur une base industrielle!

Tout en faisant édifier ateliers et hangars sur l'aéroport d'Orly, Air France passait commande d'une flotte moderne importante.

Un amortissement sain et le renouvellement judicieux de cette flotte exigeaient la rotation rapide des appareils tout en respectant scrupuleusement les règles officielles de sécurité et de régularité, impératifs absolus d'une grande entreprise de transport aérien (relevant, par ailleurs, en ces domaines, du ministre chargé de l'Aviation civile, assisté du Bureau Veritas).

Cette situation, intimement liée à l'entretien et à la révision des appareils, contraignit Air France à rechercher une solution efficace et rentable à l'organisation de cette fonction essentielle et à choisir entre deux conceptions :

- confier à des tiers spécialisés une fonction industrielle qui pouvait sembler étrangère à l'activité propre du transport aérien,
- ou effectuer elle-même son propre entretien.

Cette dernière solution fut adoptée par Air France et, en général, par les plus grandes compagnies aériennes ; elle permettait de régler avec une plus grande souplesse les conditions d'exploitation et d'avoir un contrôle plus efficace sur les différentes opérations d'entretien et de maintenance de la flotte.

Actuellement, environ 8 000 personnes, soit près du quart des effectifs totaux de la compagnie, assurent l'entretien et la maintenance de la flotte d'Air France : ingénieurs, techniciens et mécaniciens, présents dans le monde entier, travaillant 24 heures

sur 24 pour assurer l'entretien des avions et la révision de tous les équipements aéronautiques.

Les avions d'Air France sont entretenus dans trois grands centres industriels : Orly, Charles-de-Gaulle et Toulouse. De plus, des techniciens de la compagnie sont affectés aux principales escales (environ 700 dont 360 pour les aéroports de la plateforme parisienne).

En 1986, Air France a consacré à l'entretien de ses avions un budget annuel de l'ordre de 2,6 milliards de francs, représentant 12,4 % de ses dépenses d'exploitation.

A titre indicatif, cette même année, la part des dépenses d'entretien dans l'ensemble des dépenses d'exploitation des compagnies membres de l'IATA sur services réguliers internationaux a été de l'ordre de 10,3 %.

L'ÉVOLUTION DES MÉTHODES D'ENTRETIEN

A nouveaux avions, conceptions nouvelles de l'entretien :

- Il y a plus de trente ans, le principe de base de l'entretien consistait à affecter à chaque élément de l'avion (équipements et moteurs) un intervalle maximum d'utilisation appelé potentiel.

Ce potentiel atteint, l'élément était descendu, soumis à une révision générale, passé au banc d'essai pour vérification des performances, puis remonté et repartait pour un nouveau potentiel. Cette méthode simple était peu scientifique puisqu'à l'examen certains matériels étaient encore en état de fonctionner (ce qui allait contre l'économie de l'entretien) et qu'un certain nombre de pannes étaient enregistrées bien avant d'atteindre la limite de potentiel fixée (ce qui n'était pas satisfaisant du point de vue de la sécurité).

- Avec l'arrivée des « jets », les méthodes d'entretien d'avions plus complexes sont elles-mêmes devenues plus évo-

luées et Air France mit en application une nouvelle philosophie d'entretien basée sur trois concepts :

- potentiel,
- entretien suivant état,
- entretien à suivi statistique,

et un nouveau paramètre : la fiabilité.

— Le concept de potentiel lié aux phénomènes d'usure des pièces en mouvement et de fatigue des structures fut maintenu pour les matériels dont la limite de fonctionnement avait été déterminée avec le plus de précision possible et dont la tenue était sujette au minimum de dispersion. Cette limite s'appliquait aux pièces de sécurité dont la rupture pourrait avoir des conséquences graves pour la navigabilité de l'avion.

— L'entretien suivant état, concept nouveau, n'imposait plus de potentiel de descente et permettait de laisser un équipement et même un moteur sur avion, sous réserve de pouvoir s'assurer continuellement de son fonctionnement correct.

A la notion de potentiel se substituait celle de surveillance sur avion, l'intervalle entre deux examens devant rester naturellement compatible avec les exigences de sécurité.

La mise en œuvre de ce concept entraîna une modernisation complète des méthodes d'entretien et l'utilisation des procédés d'investigation technologiques les plus avancés, avec l'arrivée d'un nouvel instrument : l'ordinateur.

— L'entretien à suivi statistique, quant à lui, s'appliqua aux équipements qui n'étaient pas « de sécurité » (en général ceux qui sont doublés et même triplés, comme les indicateurs, les transmetteurs, les équipements radio et de navigation...).

Les équipements électroniques, type de matériels sans usure mécanique et pour lesquels la notion de potentiel n'a aucune valeur, sont traités suivant cette méthode.

C'est à ce domaine que les études statistiques modernes (utilisation d'échantillons, tracés de courbes de survie...) ont été appliquées pour l'établissement des règles d'entretien de ces matériels.

La nouvelle génération d'avions symbolisée par la mise en service prochaine par Air France de l'Airbus A 320 va modifier certaines phases de la maintenance avec l'utilisation d'enregistreurs de défauts dont les informations recueillies peuvent être soit dépouillées à l'arrivée, soit transmises directement au sol par radio.

LES DIFFÉRENTES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN DES AVIONS

On peut distinguer deux types d'opérations d'entretien :

- les opérations d'entretien préventives et standard, dont la périodicité est décidée par la compagnie en liaison avec les constructeurs et les autorités aéronautiques. Air France prend en compte l'utilisation du matériel sur chaque type d'appareil ;
- les opérations d'entretien supplémentaires, entreprises lorsque le besoin est décelé au cours d'inspections de routine, ou signalé dans les comptes rendus de vol des équipages.

En ce qui concerne les opérations d'entretien préventives, ordonnancées dans le temps, on peut distinguer trois niveaux :

- les visites de service ou visites journalières ;
- le petit entretien ;
- le grand entretien.

Ces opérations s'effectuent selon une périodicité propre à chaque type d'appareil.

1. Les visites journalières

Réalisées dans les hangars ou en escale, elles comprennent un examen de toutes les parties fondamentales de l'avion telles

que les gouvernes, les pneus, le dispositif de freinage, etc. Au cours de ces visites, des interventions simples mais fondamentales peuvent être réalisées.

De plus, une visite pré-vol est systématiquement effectuée par l'équipage technique, assisté d'un mécanicien de piste ou d'escale, environ une heure avant le décollage de chaque appareil. Elle comporte une nouvelle vérification des organes vitaux tels que les pneus, les freins, les commandes de vol, ainsi que du fonctionnement des systèmes de servitudes hydrauliques, pneumatiques, électriques, de pressurisation... Les instruments de bord sont, un à un, spécifiquement vérifiés par le pilote, conformément à une « check-list » prévue pour chaque type d'avion.

2. Le petit entretien

Il consiste en des visites dont la périodicité varie selon les types d'appareils. Au cours de ces visites, l'avion subit des inspections systématiques détaillées avec démontage et ouverture de portes d'accès à des éléments de mécanique, de tuyauterie ou de câblage, ainsi que des essais fonctionnels avec mesures de performance.

Les visites, dites de type A, B et C, immobilisent les avions de quelques heures à quelques jours.

A titre d'exemple, pour un Boeing 747 :

- la visite de type A intervient toutes les 440 heures, soit une fois par mois, immobilisant l'appareil de sept à huit heures ;
- la visite de type B intervient toutes les 1 600 heures, soit tous les trois mois environ, immobilisant l'avion deux jours ;
- la visite de type C a lieu tous les 12 ou 13 mois, immobilisant l'avion cinq jours.

Pour un Boeing 727, appareil moyen-courrier réalisant un plus grand nombre de cycles (décollage et atterrissage), les normes sont les suivantes :

- visite A toutes les 270 heures ;
- visite B toutes les 700 heures ;
- visite C tous les 12 mois ou 13 mois.

Une visite de type A nécessite 25 heures de main-d'œuvre pour un Boeing 727, 75 heures pour un Boeing 747 ; une visite de type B, 250 heures de main-d'œuvre pour un Boeing 727 et 700 heures pour un Boeing 747 ; une visite de type C, 700 heures de main-d'œuvre pour un Boeing 727 et 1 500 heures pour un Boeing 747.

3. Le grand entretien¹

Il consiste en une révision générale effectuée au terme d'un potentiel d'heures déterminé pour chaque type d'avion.

Les visites de grand entretien, appelées *visites D*, interviennent tous les six à sept ans selon les types d'appareils. Entre deux visites de grand entretien ont lieu les *visites IL* (intermediate layover), qui sont effectuées tous les trois ans environ.

3.1. Les grandes visites (ou visites D)

Le programme est conçu selon quatre étapes :

- première étape : démontage ;
- deuxième étape : inspection et réparation ;
- troisième étape : remontage et essais ;
- quatrième étape : vol de contrôle.

La multiplicité des opérations liées au grand entretien exige un ordonnancement très étudié afin d'immobiliser le moins possible l'avion.

Le système Pert² est utilisé : toutes les opérations sont analysées et on recherche l'ordre dans lequel elles doivent être effectuées afin de minimiser le temps d'immobilisation de l'appareil.

Toutes les opérations à effectuer (3 000 à 6 000 environ) sont matérialisées sur un immense tableau qui indique, pour chaque jour, les travaux à effectuer par chaque équipe d'ouvriers et

permet de suivre l'évolution de ces travaux.

3.1.1. Le démontage

Après vidange et assèchement des réservoirs, l'avion est entièrement décapé de sa peinture extérieure. Il est ensuite positionné sur dock où l'on procède à la dépose systématique :

- des trains d'atterrissage ;
- des réacteurs ;
- des volets et gouvernes, etc.

L'intérieur de la cellule est entièrement démonté (fauteuils, offices et toilettes, panneaux des hublots, panneaux de plafond, plancher) permettant ainsi le contrôle de tous les circuits (électriques, hydrauliques, pneumatiques, d'oxygène), de tous les câbles de commandes et de tous les éléments de structure.

Le poste de pilotage est lui aussi en quasi-totalité dépouillé des équipements de vol, des systèmes de commande et des sièges.

3.1.2. L'inspection et la réparation

— Les équipements déposés sont confiés aux différents ateliers spécialisés pour chaque type de matériel.

Ils se chargent d'opérations clairement codifiées, pouvant aller du simple essai fonctionnel au banc jusqu'à la révision générale.

— La structure de l'avion complètement mise à nu fait, elle aussi, l'objet d'une série d'inspections (systématiques ou par sondages) :

- visuelles, zone par zone, ou avec des moyens adaptés : ultrasons, courants de Foucault..., permettant de détecter les « criques³ » jusque dans les endroits les moins accessibles ainsi que d'éventuelles traces de corrosion. Des contrôles radiographiques permettent la prise de photos à l'intérieur d'éléments indémontables et exigus ;

- les circuits des équipements pneumatiques, d'oxygène, d'hydraulique et d'électricité sont testés afin d'être rénovés ou changés si nécessaire.

3.1.3. Le remontage et les essais

Les unités et éléments divers sont remontés, reconnectés, réglés puis essayés à l'aide de bancs adaptés. L'avion est poncé, repeint et brillanté et sort du dock pour les procédures de point fixe⁴, les réglages de réacteurs et essais des systèmes.

3.1.4. Le vol de contrôle

Ces phases se terminent par un vol de contrôle de trois heures environ effectué par six personnes (en plus de l'équipage)

- un ingénieur de vol ;
- cinq contrôleurs (trois de la compagnie, un du Bureau Veritas⁵, un représentant de la Direction générale de l'aviation civile).

Toutes les fonctions opérationnelles et de sécurité sont alors essayées et, si nécessaire, des travaux supplémentaires sont réalisés avant que l'avion ne soit remis en ligne.

Ces opérations de grande révision représentent en moyenne, pour un Boeing 747, 50 000 heures de main-d'œuvre et un coût d'environ vingt millions de francs.

3.2. Les visites intermédiaires (ou visites IL)

Effectuées environ tous les trois ans, entre deux visites de grand entretien (visite D), ces visites sont orientées sur des opérations de vérification portant sur :

- les points de structure ou les circuits qui sont susceptibles d'une dégradation en fonction du temps (corrosion, vieillissement, etc.) ;

- la surveillance des travaux effectués lors de la précédente grande visite ;

- la détermination, en accord avec le Bureau Veritas, d'un échéancier pour la réparation des anomalies constatées ainsi que

d'un calendrier de surveillance de certaines défauts dont la correction peut être reportée à la prochaine grande visite ;

- la remise en état de la cabine et les retouches éventuelles de peinture extérieure.

A titre d'exemple, ce type de visite immobilise un Boeing 747 pendant trois semaines, représente 25 000 heures de main-d'œuvre et coûte environ 12 millions de francs.

À côté de ces cycles de visite qui concernent essentiellement l'avion se situe, entre autres, l'activité de réparation et de révision des moteurs, avec une périodicité propre, en ateliers spécialisés.

L'ENTRETIEN DES RÉACTEURS

Dans leur conception moderne, les réacteurs sont de fait l'assemblage d'un certain nombre de sous-ensembles ou modules, ayant chacun une politique d'entretien adaptée.

Ils font l'objet :

- d'un programme de déposes, pour effectuer le changement d'un ou plusieurs modules ;

- d'une série de mesures de surveillance « sur l'aile » pouvant éventuellement conduire à des déposes supplémentaires non programmées.

1. Les déposes systématiques programmées interviennent généralement lorsqu'un module a atteint une durée d'utilisation strictement codifiée.

2. De plus, des déposes « non programmées » sont effectuées en fonction des résultats des surveillances variées.

A titre d'exemple :

- relevés de mesures effectués, en vol, par les équipages, permettant d'apprécier le maintien des performances de chaque moteur ;

- analyse périodique par spectrométrie de l'huile de lubrification interne des réacteurs : ce contrôle permet de déceler des phénomènes anormaux d'usure de certaines parties du moteur (par l'analyse des particules métalliques en suspension) ;

- contrôle visuel périodique à l'aide d'endoscopes ;

- contrôles radiologiques (par rayons gamma) effectués en cas d'évolution des paramètres de surveillance des moteurs (élévation de la température des gaz d'éjection, par exemple).

Si un défaut est relevé au cours de l'un de ces contrôles, une décision pouvant aller jusqu'à la dépose immédiate du moteur est prise.

Ce moteur est envoyé en atelier de révision où une intervention appropriée est entreprise.

Avant leur remise en service, les moteurs déposés font l'objet de vérifications de bon fonctionnement et de contrôle des performances, au banc d'essai.

LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES D'ENTRETIEN

En 1968, une philosophie nouvelle était adoptée par la compagnie en matière d'entretien ; elle introduisait, par rapport à la conception traditionnelle, un nouveau paramètre — la fiabilité — et un nouvel instrument — l'ordinateur.

1. Les systèmes informatiques

Une chaîne de programmes intégrés, dénommée « Priam », permet le traitement informatique de très nombreuses données : paramètres de fonctionnement pour la gestion des stocks (250 000 articles), contrôle de la production, suivi de la gestion des pièces détachées d'avion...

Des programmes ordinateurs assurent également un suivi

quotidien des paramètres de fonctionnement des réacteurs sur l'ensemble de la flotte. Les paramètres retenus dans le cadre de cette action sont les suivants :

- vitesse de rotation de chacun des deux étages du réacteur ;
- température des gaz d'échappement ;
- pression et température de l'huile ;
- position de la manette des gaz.

Les mesures effectuées permettent d'avoir un point précis des performances du moteur dans des conditions standard ; ce point est effectué à la Direction du matériel à partir des renseignements transmis par télex depuis l'escale où l'avion vient de se poser.

2. Le contrôle de fiabilité

Les anomalies de fonctionnement sont constatées en vol et rapportées par les équipages dans leurs comptes rendus de vol, les anomalies d'état sont constatées à l'occasion des visites. Les millions d'événements, pris en compte dans les programmes de contrôle de la fiabilité, permettent de s'assurer de manière continue que les niveaux fixés sont tenus, et d'être tout de suite alertés en cas de dégradation, afin de rechercher les causes et d'y remédier le plus rapidement possible.

3. L'entretien « selon état »

L'entretien « selon état » complète le classique entretien préventif systématique à périodicité prédéterminée : la surveillance permanente — ainsi qu'un suivi statistique de fiabilité des matériels et un établissement de corrélations entre les taux de panne, l'âge et l'état du matériel, rendus possibles grâce aux techniques informatiques — permet l'adaptation du calendrier d'entretien.

4. Les techniques modernes de contrôle

Parmi les techniques modernes utilisées, on peut citer :

- les tests portatifs et l'usage des bancs d'essais, type ATEC, automatiques pour les équipements électroniques permettant l'exécution d'un cycle d'essai complet dans un minimum de temps ;
- l'utilisation des bancs de mesure de fuites internes pour les équipements hydrauliques ;
- les radiographies pour les inspections de structures et de matériaux ;
- les recherches de criques aux ultrasons et aux courants de Foucault ;
- l'analyse spectrométrique de l'huile des réacteurs à l'aide de prélèvements fréquents permettant un suivi de l'usure des moteurs par dosage des particules métalliques en suspension.

LA MAINTENANCE POUR LES TIERS

Outre l'entretien de sa flotte, Air France assure en partie celui des appareils des compagnies partenaires du groupe Atlas et réalise un certain nombre d'opérations de maintenance pour des compagnies tierces réparties dans le monde entier.

• Le groupe Atlas a été créé en mars 1969 à l'initiative d'Air France. La compagnie, prévoyant les difficultés inhérentes à l'arrivée des gros porteurs sur le marché du transport aérien, avait, dès 1967, demandé aux compagnies européennes intéressées si elles étaient prêtes à unir leurs efforts pour la mise en service, dans les meilleures conditions techniques et économiques, des nouveaux appareils.

Le groupe Atlas rassemble, outre Air France, les compagnies Alitalia, Lufthansa et Sabena auxquelles se joignit Ibéria en 1972, chacun des partenaires assurant la fonction d'une « agence centrale » pour accomplir certaines activités au profit de

la coopération.

Actuellement, au sein du groupe Atlas qui possède la plus grande flotte mondiale de Boeing 747 et d'Airbus, Air France est techniquement responsable :

- du grand entretien de plus de 80 Boeing 747 (cellules et trains d'atterrissage) ;
- de la deuxième chaîne de grand entretien des Airbus et de la révision d'environ 300 moteurs General Electric (Airbus et DC 10).

Cette coopération technique intra-européenne permet ainsi de réaliser des économies substantielles en matière d'investissements industriels, de stocks de pièces de rechange et de production.

• Les opérations de maintenance réalisées, en dehors du groupe Atlas, pour des compagnies tierces, dans le monde entier, comportent notamment des modifications au niveau des cellules et les révisions de réacteurs.

Cette activité représente actuellement environ 20 % de l'activité de la Direction du matériel d'Air France, soit plus de 1 million d'heures de travail et un chiffre d'affaires supérieur à 1 milliard de francs. Air France cherche d'ailleurs à la développer.

Enfin, des contrats d'ingénierie et d'assistance locale peuvent être étudiés et développés à la demande.

En conclusion, l'entretien et la maintenance d'une des flottes mondiales les plus modernes représentent, pour Air France, un ensemble de servitudes complexes vécues dans le cadre quotidien d'une sécurité rigoureusement prioritaire.

Cet univers de contraintes permet à la compagnie d'affirmer ses facultés d'adaptation et l'audience internationale de son savoir-faire.

Notes

1. Une visite de grand entretien immobilisé, en docks, un appareil pendant quatre semaines ; plus de cinq cents techniciens et mécaniciens travaillent sur l'appareil et procèdent au démontage systématique des assemblages et d'une partie de la structure afin de vérifier le bon fonctionnement des équipements, le bon état de la cellule ; certaines parties de l'avion sont refaites à neuf et de nombreux matériels sont systématiquement changés.

2. Système Pert : méthodologie permettant de répartir au mieux et de planifier dans le temps, de façon très précise, les diverses phases d'une opération complexe en les représentant sous une forme graphique.

3. Une crique est une petite fente (le plus souvent invisible à l'œil nu) qui se produit dans une pièce métallique à la suite de certaines contraintes. Elles sont détectées par diverses méthodes de contrôle.

4. On entend par procédures de point fixe les essais des moteurs, à différents régimes, effectués sur l'appareil au sol, sur une aire extérieure équipée de « silencieux ».

5. Le Bureau Veritas est un organisme privé, chargé par les pouvoirs publics (notamment par le ministre responsable de l'Aviation civile), de veiller au respect des normes d'entretien de nombreux équipements parmi lesquels figurent les avions de transport public.