

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 109 (1983)
Heft: 15-16

Sonstiges

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Actualité

Avion de transport: tous les moteurs en panne!

Les dessous d'un incident extraordinaire

On a pu lire dernièrement qu'un avion de transport a connu une panne de tous ses moteurs, lors d'un vol prévu de Miami aux Bahamas, et que l'équipage a réussi à remettre en marche l'un des réacteurs et à se poser à Miami. Comment une telle défaillance générale est-elle possible? Voilà qui intéressera certainement tous les voyageurs aériens!

Un vol mouvementé

Le 5 mai dernier, un Lockheed L-1011 *Tristar* (photo) de la compagnie américaine *Eastern Airlines* décolle de Miami, en Floride, avec 162 passagers à bord, à destination de Nassau (Bahamas). Alors que l'avion se trouve à une centaine de kilomètres de ce dernier aéroport, un témoin lumineux indique que la pression d'huile du réacteur central est anormalement basse, sur quoi l'équipage arrête ce moteur pour prévenir des dégâts consécutifs au manque de lubrifiant. En outre, comme les conditions météorologiques sont mauvaises sur Nassau et que le trafic en approche y est dense, l'équipage décide de regagner Miami, où *Eastern Airlines* possède un atelier d'entretien.

Pour monter à l'altitude de croisière de 7000 m, il est nécessaire d'augmenter le régime des deux autres réacteurs. Cinq minutes après la première alerte, alors que l'avion se trouve en montée, à 4500 m, le témoin lumineux du moteur de droite indique également une pression d'huile insuffisante, presque immédiatement suivi de celui du réacteur de gauche, et ces deux moteurs tombent en panne!

Passons sur les tentatives d'analyse de la cause de ces défaillances simultanées, sinon pour relever qu'un si bel ensemble dans l'allumage des témoins lumineux semble impossible à attribuer à une perte de lubrifiant sur les trois moteurs à la fois, puisque leurs systèmes sont indépendants. On pense plutôt à une défectuosité de l'alimentation électrique des détecteurs de pression d'huile.

Le *Tristar* descendant inexorablement en vol plané, les préparatifs en vue d'un amerrissage forcé sont effectués, tandis que les deux pilotes et le mécanicien de bord poursuivent leurs tentatives de remise en marche des réacteurs. Enfin, à 1200 m d'altitude, le moteur central démarre. L'équipage réussit à se poser sans encombre à Miami, où l'enquête sur les causes de telles péripéties peut commencer.

Il faut admirer le comportement exemplaire de l'équipage, dont le sang-froid a permis d'éviter l'aventure aléatoire qu'est l'amerrissage d'un avion de transport de près de 200 t.

Sécurité à rebours

Force est de constater que l'impossible s'est produit: les réservoirs d'huile de chacun des trois réacteurs, d'une capacité unitaire de 17 l, sont vides. L'explication est encore plus surprenante que le fait lui-même.

Les réacteurs sont équipés de détecteurs magnétiques de particules destinés à signaler la présence dans l'huile de débris ferreux susceptibles d'endommager les paliers des rotors. Sur l'avion en question, les trois détecteurs avaient été installés sans le joint torique assurant l'étanchéité.

Sous l'effet de la pression de service, soit au minimum 2,1 bars, l'huile s'est échappée rapidement, conduisant à la perte de pression signalée successivement par les trois témoins lumineux. Le réacteur central a pu être remis en marche pour un temps suffisant à atteindre Miami parce que l'équipage l'avait arrêté dès l'apparition de l'alarme, à un moment où il fonctionnait à un régime normal; le manque d'huile n'avait pas encore eu de conséquences irréversibles.

Par contre, l'épuisement du lubrifiant sur les deux autres réacteurs s'est produit à un régime plus élevé, nécessaire pour compenser l'arrêt du premier. C'est pourquoi ils sont tombés en panne immédiatement après l'alarme. Une remise en marche était ici impossible, les paliers étant vraisemblablement grippés. C'est donc paradoxalement un dispositif destiné à améliorer la sécurité qui a contribué à ces trois pannes simultanées.

Des précédents

Dans les 20 mois qui ont précédé ce vol, on compte neuf incidents dus à l'absence de joints toriques, à des joints défectueux ou même à la disparition en vol du détecteur (probablement mal monté), pour la seule compagnie *Eastern Airlines*!

Si l'on peut légitimement s'interroger sur la qualité de l'entretien, force est de relever des circonstances atténuantes pour le personnel au sol. En effet, ces joints toriques sont si sensibles à la corrosion qu'ils ne peuvent même pas être stockés sur le détecteur qu'ils équipent. Le hasard a voulu que, sur l'avion en question, les trois détecteurs ont dû être changés en même temps, par deux mécaniciens travaillant indépendamment, et de nuit. Les détecteurs leur ont été remis sans joint, alors qu'ils l'étaient usuellement avec un joint. Ces derniers n'ont pas reconnu la nécessité d'en utiliser un.

En d'autres termes, toutes les précautions n'étaient pas prises pour que ne soient montés que des joints équipés.

En outre, une fuite décelable dans les conditions de travail de nuit n'intervient que sous pression, c'est-à-dire lorsque le réacteur est en marche.

Les enseignements d'une catastrophe potentielle

Il est évident que la compagnie concernée va devoir se pencher

sérieusement sur les procédures de contrôle lors de travaux sur les réacteurs. On sait par exemple qu'une fuite se manifeste au plus tard 15 s après la mise en marche du réacteur, de sorte qu'un point fixe de 30 s permet d'être fixé à ce sujet.

Par contre, comment peut-on admettre qu'un dispositif de sécurité comporte une pièce aussi délicate que ce fameux joint torique? Pour prévenir la répétition de tels incidents, *Eastern Airlines* prescrit maintenant le remplacement des joints au plus tard après 25 h de vol: c'est là une exigence incompatible avec une exploitation rationnelle. En effet, une avion comme le *Tristar* représente un investissement de l'ordre de grandeur de 100 millions de francs suisses; c'est dire que chaque minute d'immobilisation supplémentaire représente un important manque à gagner. Or, pour un long-courrier, 25 h représentent 3 vols seulement. On est en droit d'attendre que l'amélioration de la sécurité apportée par un détecteur de particules ferreuses ne s'accompagne ni d'une telle pénalité dans l'exploitation, ni d'un risque aussi élevé. Remarquons en passant que le système d'entretien des avions est basé sur la responsabilité personnelle des exécutants. Pour l'assumer, il est nécessaire qu'ils connaissent tant les raisons que les conséquences possibles du travail qu'ils effectuent. Sur ce point, des lacunes étaient à déplorer ici. Mais que dire des constructeurs du moteur, qui ont toléré l'installation d'un dispositif présentant un tel talon d'Achille?

Autres pannes simultanées

D'autres causes de pannes simultanées de tous les moteurs d'un avion de transport se sont déjà présentées. Sans s'attarder sur le cas de la panne sèche, on peut mentionner un phénomène curieux: volant à haute altitude à travers un nuage contenant des cendres émises par un volcan indonésien, un *Boeing 747* britannique a vu ses quatre réacteurs tomber en panne. A quelque 12 000 m, la densité de l'air n'est que le quart de celle au niveau de la mer. Les réacteurs y fonctionnent donc dans des conditions plus délicates, de sorte qu'en remplaçant une part de

l'oxygène de l'air par de la poussière, on les étouffe littéralement. Dans ce cas, les tentatives de remise en marche ont été couronnées de succès après des temps plus ou moins longs. On peut admettre que les leçons ont été tirées et que les équipages sont prévenus à temps de la présence de tels nuages, même s'ils ne sont pas forcément détectables à l'œil nu.

Ces incidents ne doivent pas masquer le fait que l'avion est l'un des moyens de transport les plus sûrs et que l'amélioration de la sécurité fait l'objet d'efforts constants, dont le succès est documenté par les statistiques.

Jean-Pierre Weibel

Source: *Aviation Week & Space Technology*, Vol. 118, Number 21.

Entretien et contrôle technique chez Swissair

L'enchaînement de circonstances qui a failli se terminer si mal pour le Tristar d'Eastern Airlines constitue évidemment un cauchemar pour les responsables des compagnies aériennes. En effet, selon la «Murphy's Law», tout incident ou toute erreur matériellement possible doit finir par se produire une fois. C'est dire le soin que l'on met à prévenir cette occurrence funeste, à faire preuve de plus d'imagination que le hasard pour suppléer aux lacunes laissées par les constructeurs dans les systèmes de sécurité.

Il nous a semblé intéressant de savoir comment Swissair conçoit l'entretien de ses avions sous l'angle particulier de la sécurité. L'erreur étant inhérente aux activités humaines, c'est sur sa détection que l'accent est mis par notre compagnie nationale.

Rédaction

Il y a quelques années déjà que Swissair a introduit un système destiné à garantir la qualité des travaux d'entretien et de révision de ses avions, de leurs réacteurs et équipements. Ce système apporte la base d'une bonne qualité du travail par des contrôles systématiques.

Principe de base: aucun travail sans contrôle

Ce système prévoit pour chaque travail en premier lieu le contrôle



Le Lockheed L-1011 «Tristar»

personnel par celui qui a exécuté le travail. Chaque collaborateur est ainsi lui-même responsable de la qualité du travail qui lui est demandé. Par son visa sur les documents de travail, il atteste l'exécution selon les prescriptions ainsi que son contrôle personnel, sur la base des éléments suivants:

- il a été instruit et formé pour le travail qu'il exécute;
- il a reçu l'ordre d'effectuer ce travail, donc il est autorisé à l'exécuter;
- il dispose de la documentation nécessaire et la comprend;
- les moyens techniques sont à sa disposition, prêts à l'emploi, et sont utilisés;
- les mesures de sécurité prescrites ont été prises;
- le travail a été effectué selon les prescriptions;
- l'exécutant a annoncé toutes les déficiences ou anomalies qu'il a découvertes;
- il a contrôlé son outillage à la fin du travail.

Lors de travaux comportant des risques élevés, qu'ils soient reconnus à l'avance lors de la préparation du travail ou par le supérieur, un *contrôle supplémentaire* est exigé, qui sera effectué par un deuxième collaborateur, compétent et autorisé, qui n'a pas lui-même exécuté le travail à contrôler.

Un *deuxième contrôle supplémentaire* par un «*étranger au travail*» peut être exigé. Il est effectué par un collaborateur, bien sûr également compétent et autorisé, n'ayant ni ordonné ni pris part à l'exécution du travail en question.

Les employés chargés de ces deux niveaux de contrôles supplémentaires sont subordonnés dans ces fonctions à un service de contrôle. Ils partagent la responsabilité pour la qualité du travail et garantissent par leur signature que ces contrôles ont été effectués correctement, compte tenu des aspects suivants:

- ces employés appartiennent au personnel autorisé à procéder à de tels contrôles supplémentaires;
- ils n'ont pas effectué eux-mêmes le travail;
- lorsqu'ils sont «*étrangers au travail*», ils n'ont pas ordonné ni exécuté le travail en question;
- la documentation et les prescriptions applicables étaient à disposition;
- toutes les phases du travail ont été exécutées selon les prescriptions en vigueur et toutes les déficiences éliminées.

Les supérieurs des exécutants sont tenus de créer les conditions qui permettent d'atteindre la qualité de travail exigée. Ils effectuent régulièrement des sondages: s'ils constatent qu'il faut s'attendre à une probabilité d'erreur plus élevée de la part d'un exécutant (ce qui était le cas lors des travaux ayant conduit à la triple panne du Tristar Miami-Nassau. Réd.), ils ordonnent des contrôles supplémentaires.

Les notions de prescriptions et de sécurité sont des éléments essentiels du travail des mécaniciens sur les avions.

Pour les travaux de routine et de contrôle, les mécaniciens s'appuient sur des aide-mémoire régulièrement mis à jour. Pour les travaux spéciaux, les réparations ou les changements de pièces ou d'éléments, ils doivent se référer aux prescriptions d'entretien, accessibles à tous sous forme de manuels ou de microfilms.

En apposant sa signature sur un document de travail, le mécanicien atteste avoir travaillé selon les prescriptions en vigueur et avoir suivi les directives de sécurité prescrites.

A la lueur de l'incident du Tristar d'Eastern Airlines

Dans ce cas, le même mécanicien a changé les détecteurs des deux réacteurs extérieurs et a attesté de plus le changement effectué par un collègue sur le réacteur central, le tout de nuit.

La question se pose de savoir si pour des travaux répétitifs de ce genre, il ne serait pas judicieux d'exiger par exemple que trois mécaniciens différents changent chacun le détecteur d'un réacteur et qu'un quatrième employé vienne ensuite procéder au contrôle supplémentaire du tout. Chez Swissair, les pièces sont en principe stockées avec tout le matériel les équipant (joints, vis, etc.). Les joints ne sont pas toujours installés, mais livrés dans des emballages séparés, attachés à la pièce qu'ils équipent, lorsque leur conservation est critique. Mais il est également possible que ces joints soient stockés à part.

Le mécanicien chargé de changer une pièce doit consulter les prescriptions de montage et le catalogue de pièces détachées, afin de s'assurer qu'il demandera — et recevra — toutes les pièces nécessaires et comprendra bien la marche à suivre.

Cela fait partie du contrôle personnel de la qualité du travail, sur lequel est basé chez Swissair le système de garantie du niveau de sécurité de l'entretien.

EPFL

Conception et analyse des structures

*Cours post-grade EPFL
Octobre 1983*

Deux cours de la série des cours post-grades, organisés par l'Institut de statique et structures du Département de génie civil de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, auront lieu, comme déjà annoncé dans le numéro 8 du 16 avril 1981, au mois d'octobre 1983, à l'EPFL, Ecublens.

Le premier cours, «*Structures biaises et courbes*», aura lieu du 3 au 7 octobre et sera dispensé par le prof. R. Walther (Institut de statique et structures — IBAP, béton armé et précontraint). Le but de ce cours est de donner

aux ingénieurs constructeurs une vue d'ensemble des structures biaises et courbes. Seront développés les méthodes de calcul, les règles de dimensionnement, les problèmes de sécurité, la précontrainte, ainsi que les aspects constructifs dans le domaine du béton armé et précontraint.

Le second cours s'intitule «*Théorie des grands déplacements (élasticité non linéaire)*» et sera donné du 10 au 14 octobre par le prof. F. Frey (Institut de statique et structures — IREM, statique et résistance des matériaux). Le but de ce cours est de donner les bases théoriques du calcul géométriquement non linéaire des structures; ces bases permettent d'aborder tous les problèmes de grands déplacements, de grandes déformations et d'instabilité, quel que soit le matériau envisagé. Toutefois, les lois du comportement non linéaire ne sont pas enseignées et, par souci de simplicité et de clarté, on se limite au cadre des structures (et non des fluides) soumises à des charges statiques (pas de comportement dynamique). Ce cours de cinq jours ne prétend pas être exhaustif sur un sujet aussi vaste; son objectif est de prendre contact avec une matière difficile, sans s'égayer dans des développements mathématiques fastidieux, de manière à pouvoir approfondir par la suite sur la base d'une introduction convenable du sujet.

Les intéressés peuvent encore s'inscrire en demandant au plus vite les formules nécessaires au secrétariat: M^{me} J. Schweizer, EPFL-IREM, GC-Ecublens, CH 1015 Lausanne, tél. (021) 47 24 15.

Vie de la SIA

Excursion familiale du GAE sur la rive sud-est du lac de Neuchâtel

Samedi 3 septembre 1983

A la suite de la première correction des eaux du Jura, il s'est formé, il y a une centaine d'années, une zone roselière sur la rive sud-est du lac de Neuchâtel. Aujourd'hui, ce territoire est le *dernier grand marais de Suisse*. Il est cependant menacé par les facteurs suivants:

Erosion: la rive est devenue instable.

Processus d'ensablement: parce que les roseaux ne sont pas coupés.

Tourisme: maisons de vacances, campings, ports.

Forêts: sylviculture par trop extensive.

N1 Yverdon-Lausanne: interruption de la migration des animaux.

Pour cette zone, il existe une planification de protection et un

plan directeur intercantonal. Il y a quelques années, une somme d'argent importante a été récoltée pour la conservation de la «*Camargue de la Suisse*». Aujourd'hui, cinq personnes travaillent dans le cadre de «*Pro Natura Helvetica*» pour cette zone protégée. Leurs tâches consistent en:

- soins du territoire;
- information;
- travaux scientifiques;
- surveillance.

Le chef du projet du groupe de travail «*Pro Natura Helvetica*», M. Maurice Rollier, ingénieur civil SIA à Yverdon, guidera l'excursion et nous montrera comment on essaie de résoudre les multiples problèmes.

Programme

Rendez-vous en gare d'Yverdon, à 9 h. 45.

Arrivée des trains: de Neuchâtel: 9 h. 18; de Lausanne: 9 h. 33.

Programme: Départ en bus pour le centre d'information *Champ-Pittet*. Introduction de M. M. Rollier. Promenade par le chemin didactique.

Bus jusqu'au point d'observation de *Châbles*, puis *Estavayer* (déjeuner dans un restaurant) et *Chabrey*. Marche le long du lac jusqu'à *Portalan*, visite du port. Bus jusqu'à *Gletterens*, visite du camping. Retour à Yverdon.

Durée de la marche: environ 1 h. 30.

Fin de l'excursion: 16 h. 15 à la gare d'Yverdon.

Départ des trains: pour Neuchâtel: 16 h. 34, 17 h. 34; pour Lausanne: 16 h. 19, 17 h. 19.

Equipement: souliers de marche imperméables, vêtements contre la pluie, év. petit en-cas.

Parking: aux alentours de la gare d'Yverdon.

Prix: Fr. 40.— (membres du GAE, Fr. 30.—; enfants, Fr. 20.—), y compris trajet en car, guide et déjeuner (sans boissons). Inscription: Jusqu'au 25 août 1983 au plus tard.

Bibliographie

Ouvrages reçus

Diplômés 83 de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Une brochure de 72 pages, format A4, illustrée. Editions Thomas Perdios.

Exercices résolus de physique générale avec rappels de cours. Mécanique: dynamique, chocs, équilibres et mouvements relatifs, tome 2, par J. Salmon. CNAM cours A1. Un volume de 256 pages, broché. Masson, Paris, 1983.

Exercices d'analyse numérique matricielle et d'optimisation, par P. G. Ciarlet et J. M. Thomas. Un volume broché de 142 pages. Masson, Paris, 1982.

Documentation générale

Voir page 8 des annonces.