

L'ENREGISTREUR DE VOL

contribuera-t-il à la sécurité aérienne ?



Ce mouchard robot, qui peut résister aux flammes de l'incendie et à des chocs formidables, permet de déterminer avec précision les causes des accidents aériens.

Par F. TINKER

MARDI voit généralement partir de Miami les derniers touristes du dimanche.

Le 12 février dernier, ce fut comme d'habitude. Le vol 705 de la North West Airlines, un réacteur Boeing 720 B, avait à son bord 38 passagers quand il décolla dans l'après-midi et se fonda dans un ciel menaçant.

Un contrôle radar de départ aida l'avion à contourner le mauvais temps. Le contrôleur de Miami était en contact avec le pilote de l'avion, Roy Almquist, un vétéran de la ligne, et lui donnait des indications pour éviter la zone des plus grandes turbulences, lorsque l'écho de l'avion fut oblitéré sur l'écran-radar par les interférences dues au mauvais temps, quelques minutes seulement après le décollage.

Puis, à 1 h 48, on entendit, pour le vol 705 : « Nous venons de passer 17 500 pieds en montée et restons à l'écoute... » Après ça, plus rien. De nouveaux appels du contrôleur

restèrent sans réponse. On n'eut plus de nouvelles de l'avion jusqu'au lendemain. Des recherches permirent alors de découvrir ses débris éparpillés dans les marécages des Everglades.

Les enquêteurs de la Civil Aeronautics Board et les équipes de secours, se frayèrent un chemin à travers les marécages infestés d'alligators et de serpents, sur des véhicules amphibies du type Weasel, jusqu'à l'endroit où l'avion s'était écrasé. Mais, cette fois, la procédure d'enquête fut totalement différente de la méthode habituelle. Au lieu de ramasser scrupuleusement tous les morceaux de l'avion pour pouvoir ensuite les rassembler en ordre et tenter ainsi de déduire la cause la plus probable de l'accident, les enquêteurs cherchèrent tout de suite, et retrouvèrent une pièce unique, à peu près de la taille d'un ballon de basket-ball.

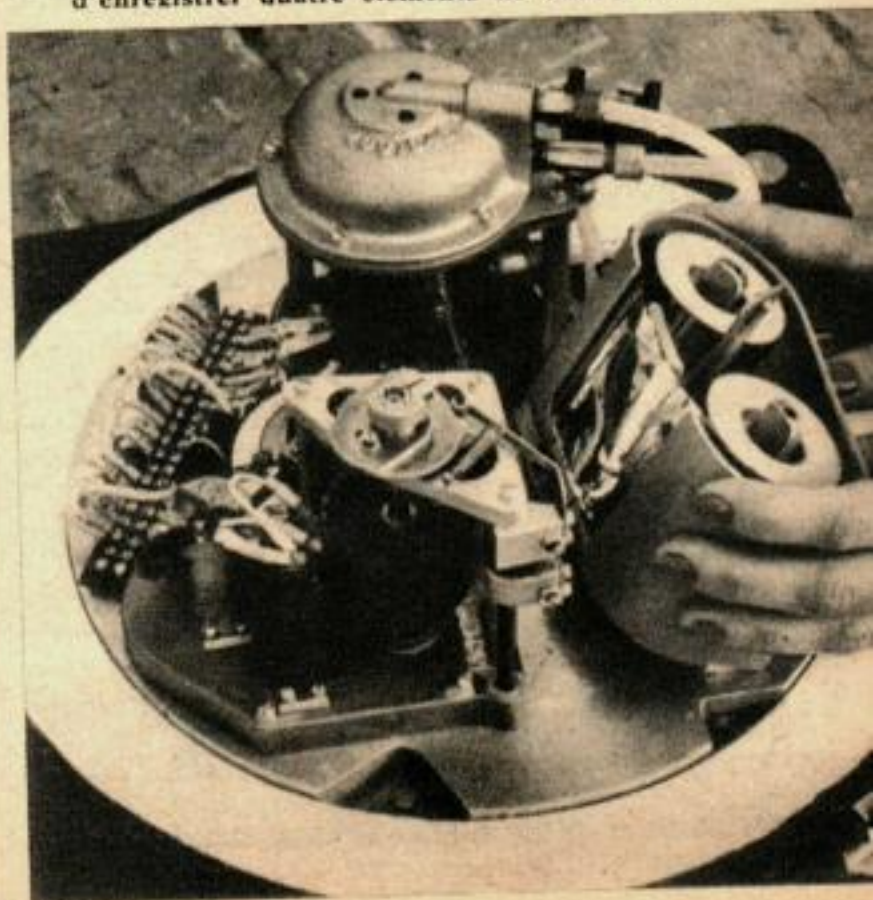
Cette pièce était l'enregistreur de vol, un appareil servant à enregistrer automatique-

Des accidents comme celui survenu au Vol 1 (à gauche) peuvent servir à en prévenir d'autres. Son enregistreur de vol (ci-dessous), quoique endommagé, a permis d'établir les vraies causes.



La coquille de l'enregistreur, à l'état neuf, a cet aspect : elle est à double paroi, pour résister à des accélérations de 100 g, et protégée par une couche d'isolement contre des températures de 1 000° C.

La coquille contient, entre autres appareils, un ruban métallique qu'on met en place comme une pellicule photographique, et un mécanisme qui permet d'enregistrer quatre éléments de chaque vol.





L'accident des Everglades, de février dernier, illustre les nouvelles procédures d'enquête. Les enquêteurs s'efforcèrent d'abord de retrouver l'enregistreur de vol, et firent ramasser les débris plus tard. Mais l'enregistreur leur donna tous les renseignements dont ils avaient besoin.

ment les différentes manœuvres exécutées par l'avion depuis son décollage. C'est un véritable journal des derniers moments de l'avion, racontant, à la fraction de seconde, toute la séquence des mouvements de l'avion au cours des moments qui ont précédé l'accident.

Cet appareil est devenu le principal témoin de l'accident, dans ce cas comme dans d'autres où toutes les personnes présentes à bord furent tuées dans le désastre.

L'enregistreur de vol du Vol 705 fut expédié par avion au siège central du C.A.B., à Washington, pour le décodage, dont les résultats pourraient peut-être révéler la cause exacte de l'accident.

En dépit du choc formidable qui avait mis l'avion en pièces, cet appareil avait rempli son rôle. Il révéla qu'après le dernier message, l'avion avait grimpé de 19 400 pieds, conformément à son plan de vol. Le pilote réduisit la vitesse-air à 250 nœuds pour atténuer l'effet de la turbulence atmosphérique.

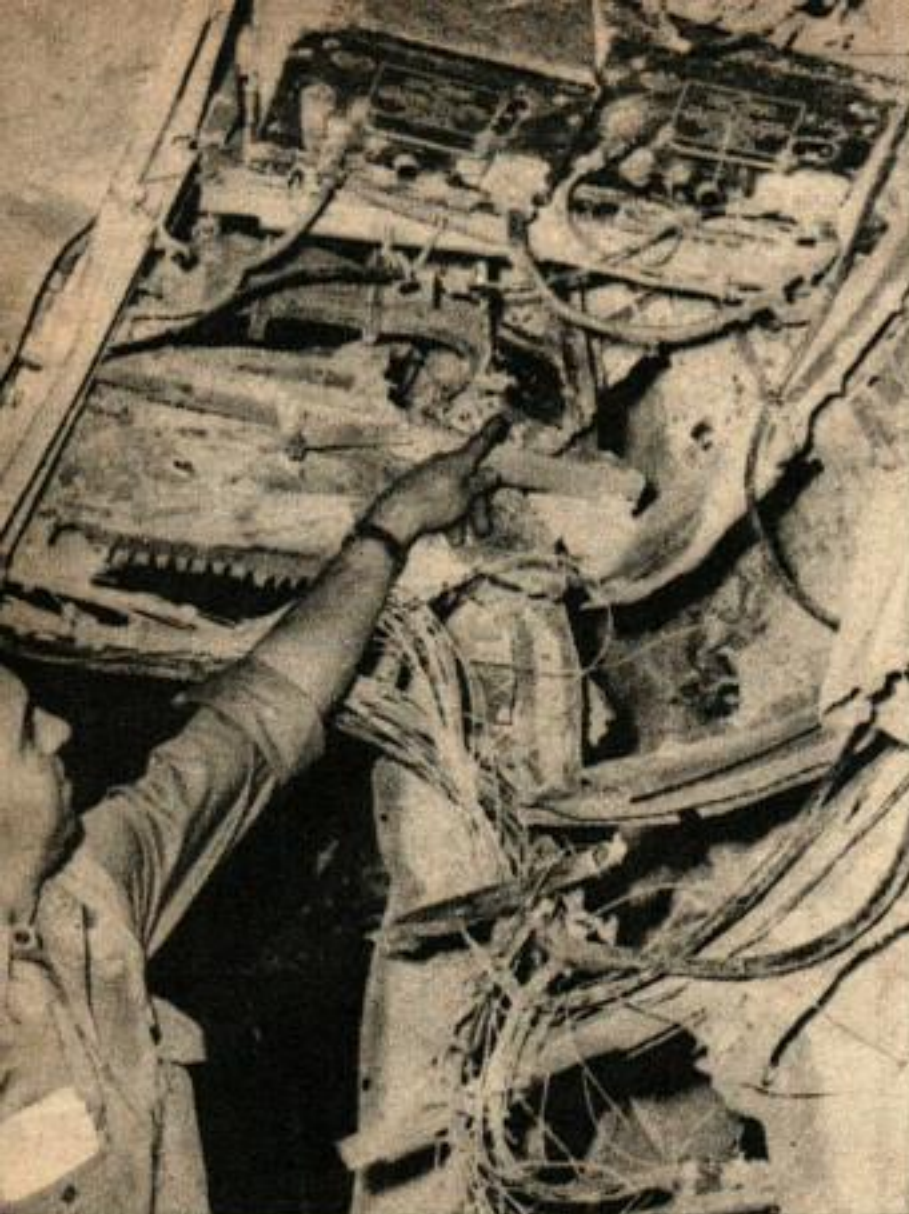
Mais il ne s'agissait pas là d'un orage ordinaire. L'avion a dû rencontrer une violente rafale de vent rabattant, car l'enregistreur montra à ce moment une accélération négative (vers le bas) soudaine de 3,5 g. Les ailes d'un avion sont conçues surtout pour résister à une pression dirigée dans le sens opposé, et l'effort, à ce moment, dépassa de loin les limites de résistance de la structure. Suivant

l'enregistreur, l'avion bascula vers l'avant trente secondes après. Sa vitesse augmenta rapidement, jusqu'à dépasser 1 000 km/h, et l'enregistreur fut bloqué à sa limite, alors que l'avion était encore à 10 000 pieds au-dessus du sol, en piqué à mort. Ce passager indestructible témoigna ainsi que la véritable cause de l'accident fut la turbulence atmosphérique.

Depuis qu'on a commencé à utiliser des enregistreurs de vol, il y a cinq ou six ans, ils ont souvent montré leur utilité. En diverses circonstances, ils ont été écrasés et plongés dans les flammes, mais ont pu quand même servir après. On les a retirés de carcasses carbonisées et on les a retrouvés parmi d'autres débris dont aucun n'était plus gros.

Les secrets révélés par ces mouchards mécaniques sont souvent de grande importance, et même surprenants. On peut citer le cas du ruban enregistreur retiré du malheureux Vol 1, de l'American Airlines, du 1^{er} mars 1962. Cet avion s'était écrasé dans la baie de la Jamaïque, près de New York, après avoir décollé de l'aéroport d'Idlewild. Aucun survivant parmi les 95 personnes à bord. L'enregistreur fut mis en piteux état (photo de la page 39), mais on put le décoder. Le dessin (à droite) montre les courbes du graphique.

D'après l'interprétation des experts de la C.A.B., les courbes ont montré que les roues



Certains enregistreurs sont placés dans le logement du train d'atterrissage de l'avion, d'autres dans l'armoire de la radio. Cet employé désigne l'endroit où fut placé l'enregistreur du vol 27 qui s'écrasa dans le lac Salé.

avaient quitté le sol à 10 h 07 mn 28 s. Neuf secondes plus tard, à 24 m seulement au-dessus du sol, un virage à gauche à grand rayon, pour obéir à la consigne de lutte contre le bruit au-dessus des agglomérations : « Virez dès que possible... »

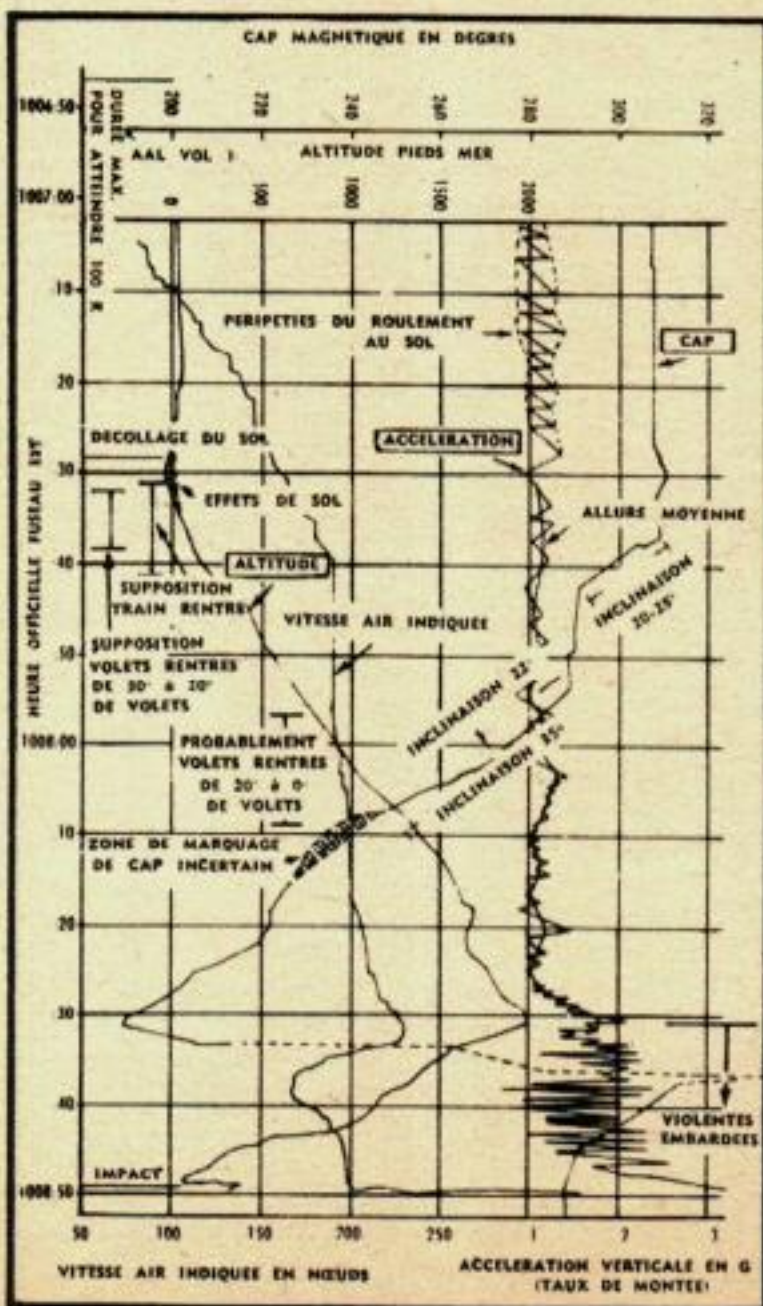
Quarante-huit secondes après la minute pleine, le contrôleur ordonna au Vol 1 de contracter le contrôle de départ. Six secondes après, un second virage à gauche fut amorcé et à 10 h 08 m 01 s, le pilote fit un appel sur la fréquence du contrôle de départ. Tous ces faits peuvent être condensés sur quelques millimètres de bande.

Lorsque les volets furent rentrés, une accélération brusque portant la vitesse air de 190 à 200 nœuds fut enregistrée par l'appareil. L'appareil était en inclinaison de virage, comme le prouve le taux du virage porté par la courbe de cap du graphique. A 10 h 08 m 07 s, le taux du virage passa soudainement du simple au triple ! 24 secondes plus tard, le sens du virage semble être inversé d'un seul coup, ce qui est impossible pour de grands avions. Les experts en tirèrent la conclusion qu'à ce moment, le compas gyroscopique était parti en précession, l'inclinaison latérale ayant presque atteint la verticale, ce qui a déséquilibré le mécanisme de suspension. La courbe d'accélération montre de violentes embardées de décrochage aérodynamique. Une vitesse air très supérieure à la



L'accident le plus meurtrier de l'histoire de l'aviation fut la collision d'un « DC-8 » avec un « Constellation » au-dessus de Staten Island. L'enregistreur révéla que le « DC-8 » avait franchi la limite de son secteur d'attente et a coupé l'approche du « Constellation » vers La Guardia.

Les graphiques du vol 1 ont donné aux enquêteurs un compte rendu détaillé par fraction de seconde du vol bref et tragique, depuis le point de départ jusqu'à l'écrasement final.





La machine de décodage aide les enquêteurs à interpréter les indications portées par l'enregistreur. Le ruban est mis à plat sous un canevas en verre, les graphiques sont agrandis sur un écran et un calculateur mesure chaque petite marque.

D'autres enregistreurs peuvent être placés dans l'avion. Les enquêteurs voudraient placer des paramètres supplémentaires sur les enregistreurs actuels et ajouter des enregistreurs de paroles et de procédures techniques.



normale semble indiquer une attaque oblique. Certaines de ces données furent confirmées par des témoins oculaires, mais seul l'enregistreur pouvait discerner les péripéties exactes.

A 10 h 08 m 49 s, moins de deux minutes après le décollage, le sismographe de l'Université de Fordham enregistra l'impact final du Vol. 1. Ce fut aussi le dernier moment de vie des 87 passagers et des 8 membres de l'équipage.

Après avoir effectué des essais avec des avions du même modèle, reproduisant les manœuvres enregistrées par l'appareil, le C.A.B. conclut qu'un défaut de fonctionnement des commandes de direction a dû mettre l'avion hors d'état de manœuvrer.

La précision et l'impartialité de l'enregistreur sont souvent telles qu'elles en deviennent gênantes.

On peut citer le cas de la collision en vol d'un Douglas DC-8 et d'un Lockheed Constellation au-dessus de Staten Island, N.Y., dans laquelle 128 personnes ont trouvé la mort en 1960. Les experts du C.A.B. retrouvèrent l'enregistreur du DC-8 noirci par les flammes. Le Constellation était un avion équipé de moteurs à pistons, n'en possédait pas. En décodant les graphiques à rebours à partir du moment de l'accident, les experts ont pu reconstituer toutes les manœuvres exécutées par l'avion et les confronter avec les instructions correspondantes données par le contrôle de la circulation aérienne qui avaient été enregistrées par ailleurs. De cette confrontation sortit la tragique vérité.

Approchant New York par visibilité nulle, le Vol 826 de l'United Airlines, un quadri-

réacteur en provenance de Chicago, avait reçu une clearance pour 10 h 15 à Preston Intersection. Il s'agit d'un point précis matérialisé dans l'espace par l'intersection de rayons désignés de deux radiophares omnidirectionnels. La route désignée était la Victor Airway 123, altitude 25 000 pieds.

Mais à 10 h 25 m 09 s, le centre de contrôle de New York donna d'autres instructions : « United 826, autorisé à suivre la V-30 jusqu'à l'intersection avec la V-123, puis cette dernière jusqu'à Preston. Ce sera un peu plus court. »

L'enregistreur indiqua sans faute ce changement de cap. Mais les 18 km de moins imposaient une descente plus rapide. Au même moment, le Constellation de la TWA, un quadrimoteur classique, désigné comme VOL 266 en provenance de Columbus, Ohio, était en route vers une zone située à 8 km seulement au nord de Preston, suivant les instructions du contrôleur radar de l'aéroport de La Guardia. Si tout s'était passé suivant les prévisions, le DC-8 aurait viré vers l'Est au-dessus de Preston tandis que le Constellation aurait continué son approche sur l'axe d'atterrissage.

A 10 h 30 m 07 s, le contrôleur du centre donna au DC-8 l'instruction suivante : « Descendez à 5 000 pieds et maintenez cette altitude ». Quelques minutes avant cela, l'enregistreur avait déjà commencé à indiquer un accroissement progressif de la vitesse air corrélatif de l'augmentation de la pente de descente. Il passa en descente l'altitude de 14 000 pieds, ayant perdu 7 000 pieds en trois minutes suivant l'enregistreur. « Pen-

(Suite page 116)

Essai gratuit!

J'AI COMPRIS
la RADIO et la TELEVISION grâce à
l'ÉCOLE PRATIQUE D'ÉLECTRONIQUE

Sans quitter votre occupation actuelle, et en y consacrant 1 ou 2 heures par jour, apprenez la radio qui vous conduira rapidement à une brillante situation.

Vous apprendrez montage, construction et dépannage de tous les postes.

Vous recevrez un matériel ultra-moderne : transistors, circuits imprimés et appareils de mesure les plus perfectionnés qui resteront votre propriété.

Sans aucun engagement, sans rien payer d'avance, demandez la

*première
leçon gratuite!*

Si vous êtes satisfait, vous ferez plus tard des versements infimes de 16 F à la cadence que vous choisirez vous-même. A tout moment vous pourrez arrêter vos études sans aucune formalité.

Notre enseignement est à la portée de tous et notre méthode vous émerveillera.



**ÉCOLE PRATIQUE D'ÉLECTRONIQUE
RADIO - TÉLÉVISION**

11, RUE DU 4-SEPTEMBRE - PARIS (2^e)

DÉCOUVREZ

VELOUMAT

LA PEINTURE "FAITE POUR L'AMATEUR"

ses qualités vous étonneront!

FACILE Application aisée à la portée de tous. Aucune trace de pinceau ni de raccord.

RAPIDE VELOUMAT sèche en quelques heures, sans aucune odeur, même en local fermé. Couvre en une couche.

ÉCONOMIQUE Moins de 0,20 le m². Vous permet de renouveler plus souvent votre intérieur.

DÉCORATIVE 20 teintes pastels, jeunes et fraîches, dont le nouveau "Rouge décor". VELOUMAT a la richesse du papier peint.

RAPPELEZ-VOUS:

VELOUMAT

mate et veloutée comme du velours

En vente : Drogueries et Gds Magasins

Conseils pratiques et cartes de coloris sur demande
aux ANC. ETS JARDIN, B.P. 14, CORBEIL-ESSONNES (S.O.)

L'enregistreur de vol...

(Suite de la page 42)

sez-vous pouvoir stabiliser à 5 000 pieds avant Preston? » demanda le contrôleur. « Euh... Nous y serons juste (ici un ou deux mots brouillés)... »

A 10 h 32 m 16 s, le Constellation était à une minute de son circuit d'attente au-dessus de Linden N.J. Le contrôle appela de nouveau le DC-8 : « United 826, si une attente s'avère nécessaire à Preston (utilisez) éloignement une minute sud-ouest ».

A ce moment, l'enregistreur du DC-8 révèle une vitesse de 410 nœuds, presque le double de la vitesse spécifiée par la procédure d'utilisation. Puis, une réduction brusque de vitesse, le pilote ayant probablement utilisé l'inverseur de jet.

A 10 h 33 m 01 sec, le Vol 826 informa qu'il venait de passer 6 000 pieds en descente.

Le contrôle répondit : « Compris, 826, compris, vous avez reçu les instructions d'attente à Preston. Le contrôle radar est

terminé. Contactez le contrôle d'approche d'Idlewild... »

A ce moment, le contrôleur croyait qu'il voyait sur son écran radar le DC-8 approchant de Preston. Mais l'enregistreur donnait une version fort différente. A la vitesse qu'il avait atteinte, l'avion avait dépassé Preston de 13 à 15 km suivant la V-123 en direction du Vol 266. Le contrôle d'approche de la Guardia le voyant venir avisa en toute hâte le Constellation : « TWA 266, trafic à 2 h 30, 10 km, vers le nord. » A cause de la mauvaise visibilité, le pilote ne pouvait voir le gros DC-8.

Puis : « Ça a l'air d'un réacteur sur votre droite maintenant, à trois heures, 1 500 m, route au nord-est. »

Témoins impuissants

Les contrôleurs ne pouvaient plus que regarder, sans pouvoir rien faire, les deux échos aller l'un vers l'autre, se confondre, puis se séparer, l'un continuant à décrire une courbe vers le nord pendant un bref instant, l'autre virant vers la droite avant de disparaître de l'écran.

Quel témoignage donna le mouchard automatique du DC-8 qu'on ramassa dans une rue de Brooklyn où il était tombé ? D'abord, que le DC-8 avait, semble-t-il, dépassé Preston Intersection avant que le pilote ait pu identifier ce point avec son récepteur V.O.R. Plusieurs autres avions avaient signalé qu'un des deux V.O.R. servant à définir ce point avait mal fonctionné ce jour-là. Ce qui est certain, c'est que le DC-8 était encore lancé à 301 nœuds lorsqu'il émergea soudain des

nuages et arracha l'aile droite du Constellation. Peut-être au dernier moment, les pilotes aux commandes du DC-8 avaient-ils aperçu le Constellation ; l'enregistreur montre que le DC-8 avait une inclinaison à droite de 50 degrés au moment de la collision. Le déroulement chronologique de la bande indique que le DC-8 avait dépassé le bout de son circuit d'attente, la grande vitesse qu'il avait atteinte et les 18 km qui avaient été enlevés du parcours étant en cause. Les répercussions de cet accident se font encore sentir aujourd'hui.

Le mouchard indestructible qui a survécu à cet accident pour en témoigner, n'est pas une vulgaire bande magnétique du type ordinaire. Sur les modèles les plus courants, une bande métallique défile entre deux tambours et les graphiques y sont gravés par plusieurs styles pointus.

D'autres utilisent des bandes magnétiques. Les indications qu'elles enregistrent proviennent de systèmes liés aux instruments de bord de l'avion et transmettant des impulsions à l'enregistreur. Les bandes peuvent fonctionner pendant environ 200 heures de vol. Leur vitesse de déroulement étant seulement de 5 mm par minute, de nombreuses informations sont condensées dans une portion très courte.

D'une façon générale, chaque instrument de bord fait une marque une ou deux fois par seconde. La courbe ainsi produite s'appelle un paramètre et il existe quatre paramètres donnant l'altitude, la vitesse air, l'accélération verticale (g) et la direction. De



CONTREPLAQUÉ

Extérieur

LUTERMA

(MARQUE DÉPOSÉE)

surelasse
les normes exigées,
grâce à sa durabilité et à sa résistance
qui le font préférer à tout autre matériau
se distingue
par la grande supériorité de son collage
s'impose
pour toutes constructions soumises aux intempéries, telles que :

- Murs rideaux
- Portes extérieures
- Poutres triangulaires (Brevet LUTERMA)
- Barraques de chantiers
- Bâtiments agricoles

Nombreuses dimensions - Grandes longueurs
sur demande.

LUTERMA

4, RUE DU PORT - CLICHY (Seine)
PÉREIRE 55-31 + 70-50 +

DÉPÔTS DE VENTE
4, RUE DU PORT - CLICHY (Seine)
82 bis, RUE DE MONTREUIL
PARIS (11^e) DID. 42-11 et 34-98
27, RUE J.-B. DESCLUSES
CRÉTEIL (Nord) 73-23-41
91-93, rue Jean BIEUZEN
VANVES (Seine) - MIC. 79-44
21, Rue Ferrari - MARSEILLE-V^e
(8^e-du-R.) - Téléphone : 42-14-26

plus, il existe un déroulement chronologique par fractions de seconde qui donne le moment de chaque événement.

De toutes ces informations, on peut déduire beaucoup d'autres choses si on sait les interpréter correctement.

Dans les centres du C.A.B., les experts font le décodage de plusieurs manières. Ils peuvent utiliser un canevas en verre portant des graduations. Chaque marque de chacun des quatre paramètres est reportée à la fraction de seconde à laquelle elle a été faite. L'analyse finale est confiée à une machine qui explore les bandes avec un système optique à mouvement automatique. Elle projette également les courbes sur un écran de vision et soumet les éléments à un calculateur.

Il y a quelquefois des témoins pour un accident, mais leurs témoignages sont souvent fantaisistes et contradictoires. A l'aéroport de Midway, à Chicago, lorsque le Vol 529 de la TWA s'écrasa au décollage en septembre 1961, les enquêteurs ont entendu les témoignages de 150 personnes qui prétendaient avoir vu ou entendu l'avion s'approchant d'elles. Les témoignages étaient si différents que les enquêteurs ne purent en tirer qu'une idée très vague des manœuvres de l'avion. Malheureusement, il y a des gens qui cherchent la renommée, d'autres qui ne savent pas observer ou ne comprennent rien à l'aviation.

Les bandes s'enroulent sur des bobines

Les bandes s'enroulent sur des bobines comme des pellicules photographiques. On les place avec d'autres appareils dans des coquilles à double paroi, une couche d'isolement thermique étant interposée entre les deux parois. Certaines de ces coquilles sont en forme de coffre, d'autres sont arrondies. En certaines occasions, elles ont protégé les bandes contre des températures de 1100° C et des forces de 100 g. Un enregistreur au moins a été retiré du fond de la mer après 36 heures d'immersion.

Dans 65 enquêtes entreprises par la C.A.B. au cours de ces deux dernières années, il y eut un seul cas où l'enregistreur avait été trop endommagé pour pouvoir servir. Dans beaucoup d'autres cas, l'enregistreur même très endommagé a pu donner des informations de première importance.

Même des indications, à première vue sans importance, données par un enregistreur peuvent servir à éliminer des causes présumées d'un accident. En mai 1962, un Boeing 707 de la Continental Airlines s'est littéralement désintégré semble-t-il, en vol au-dessus de l'Iowa. Aucune déduction importante ne put être tirée des contacts radio de l'avion avec les stations au sol ; on n'avait aucune idée de la cause de l'accident. On soupçonna une violente turbulence atmosphérique. Mais l'enregistreur quoique extérieurement endommagé était encore exploitable et révéla que bien que l'avion ait traversé effectivement une zone de turbulence modérée pendant

quarante minutes, il était en air calme pendant les 5 minutes qui avaient précédé l'accident. Des éclats trouvés par la suite dans les corps des victimes indiquèrent une explosion et une enquête plus poussée révéla qu'une bombe avait mis l'avion en pièces.

Quoique cet appareil soit, pour les enquêteurs, une bénédiction recherchée de longue date, certains pilotes avaient d'abord fait grise mine à ce « mouchard mécanique ». Mais il s'est révélé par la suite leur allié. Dans certains cas d'infractions signalées aux règles de vol — non observation des consignes de route et d'altitude, vitesse trop grande, vol à basse altitude, etc. — où le pilote n'avait pour se défendre que sa parole, l'enregistreur avait témoigné en sa faveur.

Aujourd'hui, sur la plupart des avions de ligne, l'enregistreur figure sur la liste des appareils de bord à vérifier au départ. La coquille sous scellés n'est ouverte qu'à l'atelier où on l'installe sur les avions. Une lampe témoin du poste de pilotage s'allume quand le circuit d'alimentation de l'enregistreur est coupé et la coquille est souvent recouverte de peinture luminescente pour pouvoir être facilement retrouvée parmi les débris.

Son utilité peut être accrue

Quoi qu'il ait déjà rendu de grands services, l'enregistreur peut encore en rendre de plus grands. Sur certaines bandes, il est possible de loger jusqu'à 60 paramètres. Les informations supplémentaires le plus souvent réclamées par les enquêteurs sont le réglage de puissance des moteurs, la température de l'air (pour calculer la vitesse air vraie) l'angle d'incidence, d'attaque oblique, de roulis et de tangage, les positions des commandes et du palonnier, des volets et des compensateurs, le pilote automatique, les circuits hydrauliques et l'alimentation électrique, la pressurisation intérieure et l'alimentation du poste de pilotage en oxygène.

De nombreuses voix réclament aussi l'enregistrement des paroles prononcées dans le poste d'équipage et des procédures techniques. Toutes les paroles prononcées dans le poste de pilotage seraient enregistrées, qu'elles aient été transmises ou non par radio. Certains pensent que les dernières paroles prononcées par l'équipage peuvent être de très grande importance. Mais les pilotes ne sont pas très enthousiastes à l'idée que toutes leurs conversations seraient enregistrées et les compagnies aériennes sont d'accord avec eux. Ces dernières craignent que les pilotes en viennent à communiquer entre eux par signes, ce qui peut aussi devenir dangereux.

Il est probable toutefois que les enregistreurs de paroles seraient installés sous réserve qu'ils ne seraient utilisés qu'en cas d'enquête consécutive à un accident.

Les enregistreurs de procédures techniques en vol sont approuvés par presque tout le monde. Au moins deux compagnies aériennes, la TWA et la Transcanada sont en train de les expérimenter.