

# Le retour d'expérience dans l'aéronautique : l'exemple de l'enquête sur l'accident aérien du 20 janvier 1992 au mont Sainte-Odile

JEAN PARIÈS

*Ce texte est une version abrégée et légèrement remaniée de la communication de Jean Pariès au séminaire sur les « Retours d'expérience, apprentissages et vigilances organisationnels », organisé par Claude Gilbert dans le cadre du Programme Risques collectifs et situation de crise du CNRS. La version intégrale a été publiée dans les actes du séminaire réalisés par ce programme du CNRS.*

Ce texte traite d'une enquête sur un accident grave de l'aviation. À l'époque de cet accident et pendant toute la durée de l'enquête, j'occupais des fonctions au sein de la structure d'enquête officielle de l'aviation civile française : le Bureau des enquêtes et accidents (BEA). J'étais l'adjoint du chef du BEA et chef de la Division des enquêtes. J'ai également été rapporteur général de la Commission d'enquête, qui implique une fonction de centralisation, de direction technique de l'enquête sous l'autorité du président de la Commission d'enquête. Mais les réflexions qui suivent n'engagent bien entendu que leur auteur.

L'accident a eu lieu il y a sept ans. Le 20 janvier 1992, vers 19 heures 20, un Airbus A320 d'Air Inter s'écrase sur la montagne des Vosges dans son approche finale de Strasbourg. Pour donner un ordre de grandeur, la fréquence des accidents d'avion de ligne est, en moyenne mondiale, d'environ un pour un million de départs. Rapportée à l'activité aérienne française, si l'on prend les grandes compagnies, c'est une fréquence d'environ une fois tous les quatre ou cinq ans. Et pour une catastrophe de cette ampleur-là, ce serait plutôt tous les dix ou vingt ans. Ce n'est donc pas un événement courant, ce qui signifie qu'il déclenche une crise profonde de l'ensemble du système. Il déclenche aussi, non pas une enquête mais des enquêtes : l'enquête interne à la compagnie aérienne, l'enquête interne au constructeur, l'enquête interne à l'autorité de l'aviation civile, la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), l'enquête administrative ou technique, l'enquête judiciaire, l'enquête des assureurs, les enquêtes des journalistes...

Il n'est question ici que de l'enquête technique ou administrative qui après avoir été présentée sera analysée et discutée jusqu'à tenter d'imaginer ce qui pourrait changer pour prévenir un tel accident.

## Le contexte de l'accident et de l'enquête : un terrain miné

Faire une enquête sur un accident comme celui-ci est une obligation internationale comme le prescrit l'Annexe 13 de la Convention de Chicago, qui norma-

lise les grandes fonctions de sécurité des États dans le domaine de l'Aviation civile. Les États ont l'obligation, aux termes de cette annexe, d'enquêter sur toute catastrophe aérienne et aussi sur tout incident grave dans un but et un seul – le retour d'expérience – et non la recherche des responsabilités, la détermination des fautes : « l'enquête sur un accident ou un incident a pour objectif fondamental la prévention de futurs accidents ou incidents. Cette activité ne vise nullement à la détermination de fautes ou des responsabilités » (OACI, annexe 13 de la Convention de Chicago).

Lorsque cet accident s'est produit, une conjoncture tout à fait particulière a pesé, pour deux raisons, sur la conduite de l'enquête. Celle-ci a avancé en terrain miné, tout d'abord parce qu'on était dans ce qu'on pourrait appeler l'après-Habsheim. Chacun garde en mémoire cet Airbus A320 – déjà ! – qui effectuait une présentation lors d'un meeting d'aéro-club, et qui s'est écrasé dans les arbres en tentant une remise de gaz. Ce fut un crash dans tous les sens du terme, un crash aérien mais aussi un crash judiciaire : les actes élémentaires de l'enquête judiciaire n'ont pas été accomplis correctement, en interférence avec les actions des gens de la DGAC et du BEA, les scellés n'ont pas été posés sur les enregistreurs. De là un dérapage complet de l'enquête judiciaire, avec en particulier, du côté de la défense des pilotes et surtout du commandant de bord, la thèse que l'enquête administrative et l'enquête judiciaire étaient « trafiquées » par les autorités au nom de l'intérêt supérieur de l'État, qu'on avait « réécrit » les enregistreurs de vols, falsifié, modifié toute une série de paramètres pour justifier l'explication officielle avancée pour l'accident. Habsheim a provoqué une remise en question radicale et une polémique générale dans laquelle la France était sous les projecteurs du monde entier. À l'époque, dans tel ou tel séminaire sur la sécurité aérienne, la question courait encore : « Mais alors dites-nous, ces enregistreurs ont-ils été trafiqués ou non ? Que s'est-il vraiment passé ? Vous pouvez bien nous le dire maintenant ! ». Il y a donc vraiment eu crise, destruction générale, mondiale, de l'image de la France sur sa manière de conduire des enquêtes sur les accidents. Une thèse dominait : il y avait un mobile pour le crime, donc il y avait eu crime. L'État français

JEAN PARIÈS,  
Président directeur général  
de la société Dédale  
4, place de Londres  
B. P. 10767  
95727 Roissy-Charles-de-  
Gaulle cedex  
Tél. : 01.48.62.90.69  
Fax : 01.48.62.62.05  
<http://www.dedale-sa.com>

et Airbus avaient tellement intérêt à ce que ce ne soit pas de la faute de l'avion et, dans le cadre de la compétition mondiale extrêmement tendue de l'époque avec Boeing, il paraissait évident qu'ils avaient falsifié.

Deuxième élément de ce contexte : la crise de l'Airbus A320 à Air Inter. L'A320 est un avion conçu pour voler avec deux pilotes au lieu de trois. Son introduction à Air Inter a déclenché une crise sociale sans précédent. Le refus de l'équipage à deux – qui avait bien sûr des implications socioprofessionnelles décisives pour le corps des mécaniciens navigants – a dégénéré assez rapidement en un débat sur l'automatisation des liens, car si l'on peut piloter à deux, c'est en partie parce que l'avion est automatisé. Mais la contestation de la conception de la machine a été exacerbée par la crise sociale. Elle a pris comme un incendie avec, là encore, des proportions incontrôlées, faisant le tour du monde, nourrie en permanence par la mauvaise communication d'Airbus, avec ses formules malheureuses comme : « Les pilotes sont comme des chauffeurs de bus ». De tous côtés, le contrôle de la communication était perdu.

C'est dans ce contexte que le crash de l'avion d'Air Inter est survenu. Nous sommes en France, il s'agit d'un Airbus A320 d'Air Inter. On ne pouvait pas faire pire. C'est ce que j'appelle le terrain miné.

## Les objectifs de l'enquête

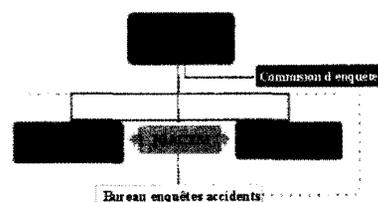
Sur ce terrain miné, les objectifs donnés à cette Commission d'enquête sont alors résumés en ces termes : « Faites une enquête irréprochable. On ne peut pas se permettre la moindre critique, il faut reconstruire l'image de marque des enquêtes en France au niveau français et au niveau international ». Une telle ambition a conféré à cette enquête un caractère exceptionnel (*encadré 1 et figure 1*).

Ainsi, il y a eu innovation d'abord par rapport aux méthodes d'enquête traditionnelles : les grands acteurs du système ont été associés. La Commission d'enquête standard ne comprend qu'un représentant de tous les grands services de l'administration. La Commission d'enquête du mont Sainte-Odile comprenait un pilote de ligne qui, par consensus entre les organisations professionnelles et le ministère, avait été désigné comme le *représentant* de la profession des pilotes. À cette première innovation, une deuxième s'est ajoutée, inspirée du modèle américain : dix groupes de travail ont été constitués, chacun étant dirigé par un enquêteur du BEA ou par un membre de la Commission d'enquête. Composée d'une dizaine de personnes, chaque groupe avait une mission particulière : par exemple, répondre à la question « quelle était la compétence professionnelle de cet équipage » ou si « les moteurs fonctionnaient correctement »... Chacun d'eux rendait compte, sous la direction du Rapporteur général, de façon coordonnée, à la Commission d'enquête. Ces groupes comprenaient des experts désignés par l'industrie – les constructeurs, la compagnie aérienne –, par la DGAC et par les

### Encadré 1 et Figure 1. La structure d'enquête sur les accidents en France

La Direction générale de l'aviation civile (DGAC) et la Direction de la météorologie nationale dépendent du ministère chargé des Transports et ont une structure d'inspection commune qui s'appelle l'Inspection générale de l'aviation civile et de la météorologie, dont dépend une structure permanente : le Bureau des enquêtes et accidents (BEA). À l'époque de l'accident, ce Bureau regroupait environ trente personnes. Cette structure est chargée normalement de toutes les enquêtes. Cependant, pour les accidents majeurs, ce n'est plus le BEA qui a la main, mais une Commission d'enquête dont le président est nommé par le Ministre des Transports et dont la composition change en fonction de l'enquête. Cette Commission travaille en utilisant le BEA comme outil logistique et expert technique. Dans les heures et les premiers jours qui suivent l'accident, les enquêteurs professionnels du BEA ont l'initiative. Une fois que la commission est établie, la maîtrise de l'enquête appartient au Président et aux membres de la Commission d'enquête, qui rédigent le rapport final.

La structure d'enquête en France



organisations professionnelles. En fonction du sujet, nous avons réuni les *bons experts* pour traiter au mieux la question posée. La constitution de ces groupes n'a pas été évidente, faute d'habitude. On nous a d'abord désigné, sinon le Directeur, du moins son bras droit, etc. Nous avons dit : « Non, vous n'avez pas compris : nous demandons des experts ! ». Et nous avons fini par les avoir.

Pour ce qui est des rapports avec la Justice, qui avaient été si désastreux dans le cas d'Habsheim, il s'agissait de savoir qui devait prendre les enregistreurs, qui pouvait toucher quoi. Pendant la nuit qui a suivi l'accident, nous avons été amenés à négocier avec le Juge d'Instruction, et on s'est dit : « On ne veut pas recommencer Habsheim, on est d'accord là-dessus, mais comment faire ? Comment faites-vous et comment faisons-nous ? ». Cette discussion avec le juge s'est prolongée ensuite avec le président de la Commission d'enquête et on a essayé de construire deux processus parallèles, qui communiquaient le moins possible, interféraient le moins possible, mais qui étaient obligés de partager de façon intelligente les points communs. Il y a une seule épave, un seul exemplaire de chaque instrument de navigation, un seul enregistreur de vol – ou plutôt, il y en a deux,

mais ce sont deux boîtes différentes. Il fallait donc se partager ces pièces d'expertise et on a réussi à le faire. Le juge nous a dit « Je ne viendrai pas fouiller dans vos tiroirs » et nous lui avons dit « nous n'aurons aucune interaction avec votre processus ».

Sur le fond, on a essayé également d'innover, c'est-à-dire de dépasser le niveau d'analyse traditionnel de l'enquête-accident de la plupart des pays qui se limite à comprendre ce qui s'est passé et à trouver des défaillances, autrement dit des individus qui n'ont pas fait ce qu'il fallait. On dit alors : « on arrête, on a compris » et on recommande aux pilotes de ne pas faire d'erreurs ou on leur rappelle qu'il n'est pas bien de se laisser tuer... Nous avons essayé d'aller bien au-delà de cela, en essayant de reconstruire les mécanismes générateurs de ces défaillances.

Nous avons en fait exploré trois niveaux de causalité. Un premier niveau, que nous appellerons factuel, consiste à reconstituer le scénario de l'accident, les faits. Que s'est-il passé ? Qui a fait quoi ? Comment ? À quel moment ? C'est le script des événements et ce n'est pas forcément facile à établir. Dans cette enquête, cela a été très difficile : il y a des hypothèses très probables, d'autres moins probables, mais la certitude absolue n'a pas été atteinte. Une fois que le scénario est admis, il faut essayer d'expliquer *pourquoi* cela s'est passé ainsi, autrement que comme tous les jours. Il y a donc un *second niveau* que nous qualifierons de causalité explicative du scénario en termes de dérapages, de défaillances dans le couplage entre le système et le monde réel, son environnement. Ce couplage comporte des dimensions individuelles (le couplage homme-machine est individuel), des dimensions d'équipage et des dimensions de grande équipe, puisque les deux pilotes dans l'avion interagissent avec le monde, avec les contrôleurs en particulier. Enfin, au niveau du grand système, il faut comprendre ce qui a généré les conditions qui, ce jour-là, ont permis le dérapage. C'est l'aspect systémique de l'explication.

Pourtant, s'arrêter à ce stade ne permet pas d'atteindre l'objectif annoncé au départ, celui d'extraire les leçons de l'expérience ou de l'accident. Même si ce qui s'est passé est très bien expliqué et que l'on remonte très loin dans l'histoire de la compagnie, on n'a pas désigné les défaillances des principes de sécurité du système, on n'a pas encore dit explicitement ce qui était censé les éviter, en quoi ces principes n'ont pas marché, et ce qu'il faut par conséquent changer. Il y a donc un *troisième niveau* très rarement abordé dans un rapport d'enquête que nous appellerons, pour employer un mot récemment consacré, la causalité cindynique, c'est-à-dire l'analyse de sécurité proprement dite. Y a-t-il eu de véritables défaillances des principes de sécurité du système ? Ou bien, pour reprendre le terme de C. Perrow, l'accident est-il *normal* au sens de « non évitable » par l'application de ses propres principes de sécurité ? Que peut-on raisonnablement modifier pour éviter qu'il se reproduise ?

## Les méthodes de l'enquête

L'établissement du scénario est parfois simple, parfois très compliqué. Dans cet accident, il a été particulièrement difficile à établir. La difficulté majeure tenait à plusieurs raisons : l'avion avait brûlé, et surtout, le paramètre critique pour la compréhension de l'accident – la référence de trajectoire du pilotage automatique utilisée par l'équipage – n'est pas un événement enregistré. Et rien dans l'enregistrement des conversations des pilotes ne permettait de dire quelle était la référence sélectionnée.

Nous avons donc essayé d'explorer tous les cas possibles. Nous avons procédé par dichotomie. Nous avons divisé l'univers des scénarios possibles en deux – c'est soit ça, soit ça –, et ainsi de suite. Et, chaque fois, nous avons essayé de couper la branche en disant : « Voilà la preuve irréfutable que cette famille de scénarios est impossible ». Sans entrer dans le détail, voilà l'arborescence des scénarios qui a été explorée (figure 2).

Ainsi, nous avons dit : « cet avion est parti à un taux de descente anormal jusqu'au sol. Il y a deux grands cas de figures : soit il était commandé par l'équipage, soit il ne l'était pas. S'il l'était, il faut expliquer pourquoi. S'il ne l'était pas, pourquoi ». Chaque fois, deux possibilités majeures se présentent : l'équipage avait encore les moyens de contrôler, il ne les avait plus, etc. etc.

La démonstration de l'impossibilité de certains scénarios a amené à faire un nombre considérable d'expertises, voire certaines prouesses techniques au niveau de l'enquête. Par exemple, l'enregistreur de paramètres de vol, celui qui est conçu pour être exploité par l'enquête-accident était inexploitable, car complètement carbonisé. On a eu la chance de récupérer un enregistreur secondaire qui, lui, n'est pas protégé (il est normalement utilisé par la compagnie pour surveiller les vols tous les jours), et qui n'aurait pas dû survivre, mais qui a survécu. La bande en était très abîmée sur les trente dernières secondes. Si l'on met cela dans un lecteur magnétique, tout est perdu.

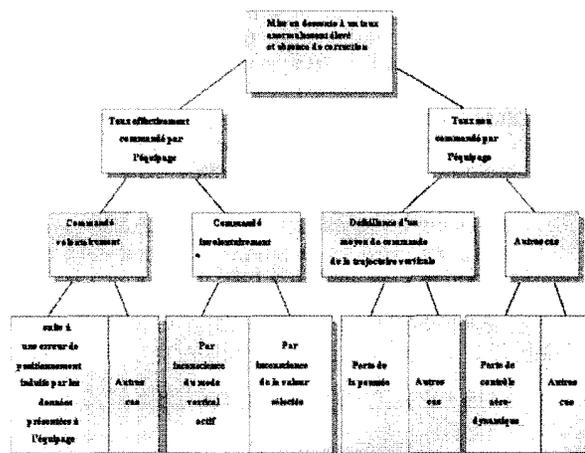


Figure 2. Arborescence des scénarios possibles.

Nous nous sommes rappelé que Schlumberger nous avait proposé un jour une technique avec une lecture magnéto-optique qui permettait avec un système de grenats et un microscope de visualiser sur une bande les transitions magnétiques entre les bits d'information codés d'un enregistrement numérique. Et, en passant de la physique au principe de codage informatique, on savait donc lire les bits d'information physiquement écrits sur la bande, c'est-à-dire les « 0 » et les « 1 ». Lire une seconde d'enregistrement prenait environ une journée ! Eh bien, nous avons pu lire trois morceaux de plusieurs secondes !

Autre exemple : ainsi qu'il a déjà été mentionné, les références de trajectoire du pilote automatique n'ont pas été enregistrées. Mais la structure des lois de pilotage automatique n'est pas tout à fait la même selon la référence, et Aérospatiale a fait tourner ses ordinateurs pour essayer de voir si, dans la signature des réactions des commandes de vol telles qu'elles étaient enregistrées, il y avait des caractéristiques qui pouvaient être significatives d'un mode ou d'un autre. Après des mois de discussions très pointues entre experts, nous avons pu conclure que « le mode du pilote automatique engagé était presque certainement TRK/FPA (Track/Flight Path Angle) ».

Dernier exemple : dans le contexte déjà évoqué, la technique moderne, l'automatisation et les systèmes de navigation sophistiqués faisaient l'objet d'une suspicion considérable. Et l'une des hypothèses possibles était que les instruments montraient à l'équipage une carte du monde fautive, décalée par rapport à la position vraie de l'avion, ce qui aurait amené à descendre sur la montagne sans le savoir. Alors nous avons croisé tous les instruments de trajectographie disponibles, nous sommes allés chercher les enregistrements des radars de toute la région – y compris en Allemagne –, les radars militaires, tout ce que l'on pouvait trouver. Nous avons fait une moyenne statistique des positions radar, nous avons exploité les enregistrements de ce que l'on appelle le FMCC, c'est-à-dire la *vision du monde* par l'ordinateur de bord. Avec l'aide d'un navigant d'Air Inter, un véritable travail de fourmi a été réalisé, une trajectographie topographique, qui consiste à corréler les courbes de niveau relevées sur une carte d'état-major avec l'enregistrement de la radiosonde de l'avion, qui mesure à chaque instant la distance verticale au sol. On part du lieu du crash, on remonte le long de la trajectoire supposée de l'avion, pour essayer de trouver la trajectoire qui correspond au profil de terrain vu par la radiosonde. On a ainsi reconstitué toute la trajectoire dans les quatre dernières minutes de vol. C'est un travail qui a pris des semaines, et tout était raisonnablement corrélé. La mission était de bien faire et tout le monde s'est engagé à bien faire jusqu'à la perfection technique.

## Les résultats et conclusions

Revenons sur le scénario de l'accident. La Figure 3 représente la piste de Strasbourg, la montagne sur laquelle l'avion s'est écrasé, le point de report sur

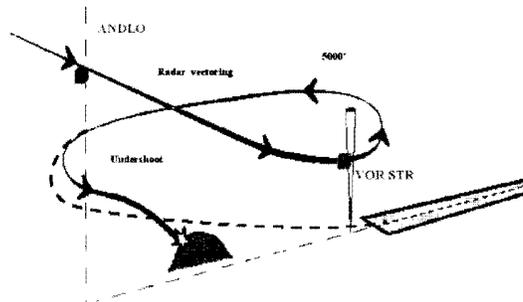


Figure 3. Trajectoire d'approche.

lequel l'avion arrivait en liaison avec le contrôle de la circulation aérienne et la trajectoire verticale qu'il a suivie. L'intention de l'avion, telle qu'elle a été discutée par l'équipage pendant le vol de croisière, était d'effectuer une approche ILS (Instrument Landing System) sur la piste opposée et de revenir se poser par une approche indirecte. Pour les contrôleurs, une intention comme celle-là ne correspond pas à la culture d'Air Inter : Air Inter va vite, toujours tout droit au plus vite. De fait, l'équipage et les contrôleurs ne se sont pas compris, jusqu'au moment où il était trop tard pour que l'avion effectue l'approche la plus directe. L'avion était trop haut, allait trop vite pour pouvoir faire cette approche-là en utilisant ses propres moyens. Le contrôleur a proposé à l'équipage de l'aider avec un guidage radar, c'est-à-dire qu'il lui a fait faire ce segment d'éloignement au radar pour lui permettre de descendre, puis, après l'avoir ramené à peu près dans l'axe d'approche finale, il lui a dit en somme : « Bon, maintenant c'est à vous ». Et c'est là que les choses sont soudainement devenues complètement anormales. Du point où, en fin de virage, l'avion devait commencer sa descente finale, au lieu de la faire avec un taux de chute de 800 pieds par minute, il est parti à 3 300 pieds par minute, c'est-à-dire à peu près quatre fois le taux nominal de descente, et cela jusqu'à la montagne.

Nous avons appelé cette aberration du taux de descente et la non-détection de cette aberration l'événement pivot de l'accident (figure 4) et nous nous sommes demandés ce qui pouvait l'expliquer. Toute l'arborescence des cas possibles a donc été explorée et les seules hypothèses qui ont été retenues sont au nombre de trois. L'une est technique : l'équipage a commandé à son avion 800 pieds par minute et

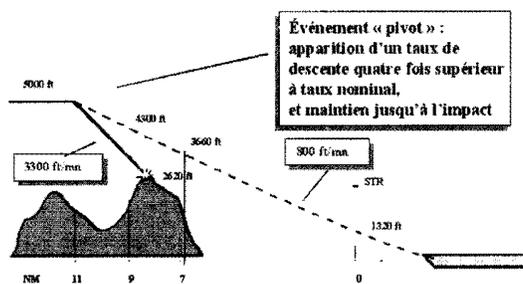


Figure 4. Profil vertical de l'approche finale

l'avion lui a donné quatre fois plus, sans rien lui dire – les instruments de pilotage de base montraient par ailleurs l'anomalie. La réaction du pilote automatique aurait été, en somme, de dire « d'accord, je vais faire ça » mais de faire tout autre chose. Cette défaillance technique est possible mais très rare, on l'a retrouvée sur un autre avion dans le cadre de la recherche au cours de l'enquête. Ce n'était presque assurément pas le cas pour notre avion, mais l'hypothèse ne pouvait pas être exclue de façon absolue. Les deux autres hypothèses sont des erreurs dites humaines. L'une est une erreur de sélection du taux de descente. C'est une hypothèse peu probable, ce n'est pas celle sur laquelle nous avons le plus travaillé. L'autre, qui est l'hypothèse considérée de loin comme la plus probable, est une erreur de sélection du mode de descente.

La Figure 5 présente le dessin du panneau de commandes dont dispose l'équipage pour décider de la façon dont il va descendre. On y voit des valeurs de consigne pour la vitesse, le cap de l'avion et l'altitude que l'on demande au pilote automatique de suivre. Ensuite, une fenêtre dans laquelle on affiche l'ordre de descente à l'avion, c'est-à-dire la valeur qu'on lui demande de tenir. Il y a deux références de descente différentes et qui sont interchangeable par l'intermédiaire d'un bouton-poussoir : on appuie sur ce bouton, on change la référence, on appuie à nouveau, on revient à la référence précédente. La première référence est celle qui est représentée sur le dessin : dans le jargon de l'avion, elle s'appelle TRK/FPA (« *Track/Flight Path Angle* »), c'est-à-dire que l'avion calcule une trajectoire par rapport au sol. Si on lui demande de suivre une route orientée d'une certaine façon par rapport au Nord et un angle de descente de trois degrés par exemple, il le fait ; même avec un vent de travers, de face ou arrière, il va se débrouiller pour le faire. Dans ce cas-là, pour suivre l'approche finale à Strasbourg, ce qu'il fallait lui demander, c'était 3,3 degrés – l'angle nominal de descente. Cela apparaît sous la forme indiquée ici : -3.3, « moins » parce que c'est une descente et « 3 point 3 » parce que ce sont des degrés, et il est écrit FPA, *Flight Path Angle*, c'est-à-dire angle de descente.

On peut décider de faire autrement et d'utiliser l'autre référence : on appuie sur le bouton alternant, cela change l'inscription qui devient « *Heading Vertical Speed* », soit cap et vitesse verticale (Figure 6).

Dans ce cas, l'avion ne va plus suivre un angle, mais un taux de descente : pendant chaque minute, il va descendre de 800 pieds si on lui demande 800 pieds

FCU

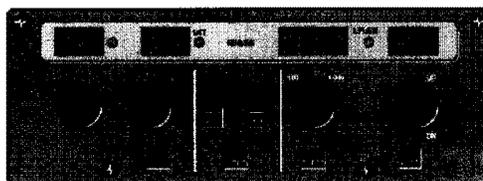


Figure 6. Sélection normale, référence HDG V/S, -800 ft/mn.

par minute. Dans ce cas-là, il faut afficher -08, « moins zéro huit », il n'y a pas de point. La conception de l'avion est telle que la différence entre les deux modes est faible, c'est le moins que l'on puisse dire... Que se passe-t-il si, croyant être dans la référence TRK/FPA, on affiche 3,3 degrés alors qu'on est dans l'autre référence *Heading Vertical Speed* ? Si on affiche 3,3 degrés soit -3.3, on a affiché en fait -33 et -33, cela veut dire 3 300 pieds par minute. Et pas 800... L'hypothèse la plus probable de l'accident, encore une fois non démontrée complètement, mais la plus probable, est cette erreur de référence (figure 7). Les pilotes croyaient être sur la référence TRK/FPA, ils ont affiché -3.3 mais cela a été interprété par l'avion, tout à fait normalement, comme moins 3 300 pieds par minute, car ils étaient sur l'autre référence.

Comment peut-on en arriver là ? Toute une série de causes s'enchaînent. Au premier niveau, on trouve une mauvaise gestion des horizons temporels, c'est-à-dire que le projet d'action de cet équipage était de faire l'approche dans l'autre sens, pour des raisons que nous ne développons pas et, au dernier moment, le contrôleur leur a dit, en gros, « Vous n'allez quand même pas faire ça. Allez, je vous prends au radar et je vous ramène dans l'autre sens ». Ils ont accepté et ils ont commencé à ronchonner contre le fait que le contrôleur n'avait pas compris, etc. Mais ils se laissaient un peu mater en guidage radar. Puis le contrôleur leur a dit en substance : « Bon, maintenant c'est à vous de jouer ». Après cet épisode de relâchement de l'attention et de ronchonnement, d'un seul coup, il y avait beaucoup de choses à faire parce que l'équipage ne s'était pas très bien préparé et aussi parce que la procédure conçue à Strasbourg était dérogatoire, c'est-à-dire qu'elle ne comportait pas les segments d'alignement qui laissent le temps aux équipages de faire les choses les unes après les autres. Tout était à faire en même temps. En quelques

FCU

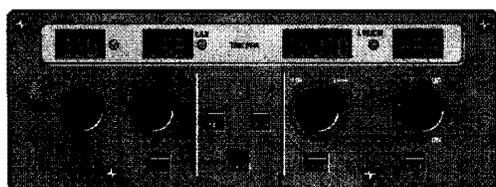


Figure 5. Sélection normale, référence TRK FPA, angle -3,3°.

FCU

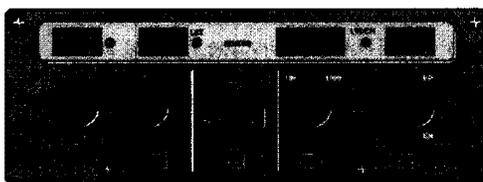


Figure 7. Sélection erronée, référence HDG V/S, -3 300 ft/mn.

secondes, il fallait virer, capturer un axe radioélectrique, configurer l'avion, c'est-à-dire sortir le train, les volets, déclencher la descente, etc., soit un pic brutal de charge de travail. On sait bien que personne n'aime les moments transitoires, d'où l'erreur de sélection du mode, erreur particulièrement facile à faire, au vu de la conception de l'interface. On observe également le non-respect de la procédure de la compagnie pour le contrôle de la mise en descente : les annonces croisées prévues entre les pilotes à propos du mode de pilotage automatique sélectionné, le message de l'un étant vérifié par l'autre, n'ont pas été faites. Mais même après tout cela, l'anomalie aurait pu être détectée, car il y a deux points de contrôle d'altitude calés en distance par rapport à la piste. Ces contrôles n'ont pas été faits. Rien n'a donc permis de détecter l'erreur.

Derrière cette causalité de premier niveau, l'enquête a donc exploré le deuxième niveau. Ces deux pilotes n'étaient pas jeunes, ils étaient tous les deux des pilotes expérimentés, mais ils étaient « jeunes » sur l'avion : ils avaient respectivement 60 et 150 heures de vol sur A320, c'est-à-dire très peu d'expérience de l'avion. De plus, l'enquête laisse penser que la crise à Air Inter évoquée plus haut a conduit à une désadaptation des formations des équipages. En effet, un tri s'est produit entre les pilotes : il y avait les « fanas » de l'Airbus A320, qui voulaient aller faire de l'Airbus A320 et tous ont été volontaires pour aller faire leur qualification sur ce type d'avion. La formation a été pensée par et pour des pilotes comme ceux-là, pendant les premières années. Quand les réfractaires sont arrivés, ils n'avaient pas les mêmes profils que les premiers. Et ce qui était remarquablement efficace pour les premiers s'est avéré en partie inefficace pour les derniers. Il y a eu des échecs. Mais le système ne pouvait pas vraiment reconnaître les échecs, car on était encore en crise larvée. On ne pouvait pas dire, tout d'un coup, X% des pilotes sont inaptes au vol à la sortie de leur qualification sur l'Airbus A320 : cela aurait relancé la polémique sur le mode : « On vous l'avait bien dit que cet avion est trop compliqué ! ». Des adaptations ont été faites, les programmes, les syllabus, etc., ont été modifiés, mais cela n'a pas été explicitement assumé et le niveau de sortie des derniers pilotes n'était sans doute pas égal au niveau de sortie des premiers. Cela a pu être en particulier générateur d'un manque important de confiance, ce qui amène le genre de comportement décrit et qui est hors de la culture Air Inter : on va choisir l'approche la plus longue, la plus compliquée parce que c'est celle que l'on fait tous les jours, celle que l'on sait le mieux faire, alors que l'autre, on la fait seulement une fois tous les six mois. Cela est arrivé à tout un chacun de faire des choses plus compliquées, plus longues, plus chères que d'autres, mais que l'on est sûr de savoir faire.

Pour ce qui est de la réglementation, concernant l'interface homme-machine, on peut incontestablement faire mieux. Il n'y a qu'un règlement de certification, mondial, et un seul. L'avion a été certifié au regard de ce règlement où rien ne permet de dire « cet avion n'est pas certifiable » ou « cet aspect de l'inter-

face de l'ergonomie n'est pas certifiable ». La façon dont l'avion a été certifié a été *remarquablement bien* faite, c'est-à-dire que l'on en a même rajouté par rapport aux exigences de base. Mais cet aspect n'a pas été vu ni traité et il n'y avait aucune raison qu'il le soit puisque rien dans le règlement ne l'impose. Nous avons donc dit : « c'est le règlement qui est en cause, ce sont les concepts de certification qui sont en cause, ce n'est pas la façon dont l'avion a été certifié ».

On pourrait objecter : « Oui mais la formation des pilotes, ses faiblesses, le fait qu'ils ne soient pas à l'aise auraient pu être constatés par la DGAC, elle fait des contrôles, des contrôles surprises en vol ». Nous avons regardé comment la DGAC exerçait sa tutelle sur les grosses compagnies comme Air France, Air Inter et nous avons vu qu'il y avait un rapport de force tel qu'il n'y avait pas vraiment de contrôle. Il n'y avait pas eu d'inspection d'Air Inter depuis des années et l'on ne dictait pas les choses à la compagnie Air Inter de la même façon que l'on pouvait le faire pour une petite compagnie régionale. Ce cas a donc fait apparaître un problème de moyens dans l'exercice de la tutelle de l'État.

Un dernier élément de causalité est à considérer : l'avion n'était pas équipé d'un système GPWS (Ground Proximity Warning System), sorte de calculateur qui détecte les vitesses de rapprochement anormales par rapport au sol et qui se met à crier « Remettez les gaz, remettez les gaz ! ». C'était pratiquement un équipement de série sur l'Airbus A320. Air Inter l'avait exclu : c'était une option négative en quelque sorte... Nous nous sommes demandé pourquoi Air Inter n'a pas voulu cet équipement, dans la mesure où ce n'est pas une compagnie qui faisait des économies sur l'équipement, au contraire, ses avions étaient équipés au meilleur de la technique disponible dans la plupart des cas. Première réponse possible : ce n'était pas une obligation réglementaire en France, en dérogation à la règle internationale. L'examen de ce point montre qu'effectivement cette réglementation est le fruit d'une longue élaboration qui montre... qu'Air Inter a été un acteur décisif pour dire « nous ne voulons pas de réglementation qui nous imposerait cela ». On revient là au rapport de force entre la DGAC et les grandes compagnies. On revient aussi au point de départ : « Pourquoi Air Inter ne voulait-elle pas de l'équipement en question ? ». C'est que ce système a été conçu pour une compagnie standard, et non pour la compagnie qui doit faire la course avec le TGV, qui descend plus vite que les autres ! Dans ce cas-là, le GPWS alerte même quand tout est normal. Il y a un taux insupportable de fausses alarmes ou plus exactement d'alarmes justifiées pour le système mais qui ne le sont pas dans la culture de la compagnie Air Inter. Ce qui explique le refus, le refus de règles coercitives, l'absence de règles. Il faut comprendre aussi que si l'on avait accepté ce système sur l'Airbus A320, dans le cadre de la crise, de la polémique sur le thème « c'est un avion qui n'est pas sûr, vous aurez des accidents à cause de l'équipage à deux », on risquait d'alimenter les thèses de certaines organisations syndicales extrémistes : « Vous-même, vous n'avez pas confiance puisque vous achetez l'avion avec une

protection que nous n'avons pas sur les autres avions. Vous voyez bien que nous avons raison de dire que c'est un avion dangereux en équipage à deux ». Il y a une espèce de causalité circulaire qui amène à des effets aussi pervers que celui-là.

La Figure 8 est un résumé rapide de l'ensemble de la causalité. Il esquisse, aux trois niveaux, l'arborescence des causes que nous avons pu établir au cours de l'enquête.

Venons-en maintenant aux conclusions générales de l'enquête. Trente-cinq recommandations ont été formulées. À la suite des explications qui viennent d'être évoquées, nous nous sommes interrogés pour savoir quels étaient les grands principes qui, intégrés dans le système, étaient censés assurer sa sécurité et devaient donc empêcher ce type d'événements. Chaque fois qu'il y en a eu un de repéré nous avons dit : « Voilà ce qui pourrait être changé pour améliorer la sécurité du système ». Dans l'ensemble, cela a touché la formation des équipages, l'ergonomie des postes de pilotage et les règlements de certification, les systèmes avertisseurs de proximité du sol (devenus obligatoires dans le mois qui a suivi l'accident), les enregistreurs (l'enquête était très difficile parce que le choix du mode n'était pas enregistré, on a donc dit qu'il fallait que ce soit enregistré), le contrôle de qualité dans le domaine opérationnel (c'est un euphémisme pour dire que la DGAC doit avoir le droit de « mettre son nez » y compris dans les affaires des grandes compagnies), le retour d'expérience.

Ce dernier point est particulièrement intéressant. En effet, un processus de retour d'expérience (l'enquête sur les accidents et les incidents) est un énoncé sur soi, une critique de soi-même. Dans le cadre de l'enquête, nous nous sommes en effet rendu compte qu'il y avait eu quatre événements précurseurs de cet accident : quatre fois, dans des compagnies différentes, les équipages s'étaient « fait avoir » par un scénario analogue au scénario le plus probable de Strasbourg, et s'en étaient sortis soit parce qu'il y avait le GPWS (un cas), soit parce qu'il faisait beau ou qu'il n'y avait pas de montagne. Ces événements avaient été détectés, pour certains analysés, et n'avaient pas été utilisés. Nous en avons conclu qu'il faudrait peut-être faire en sorte que

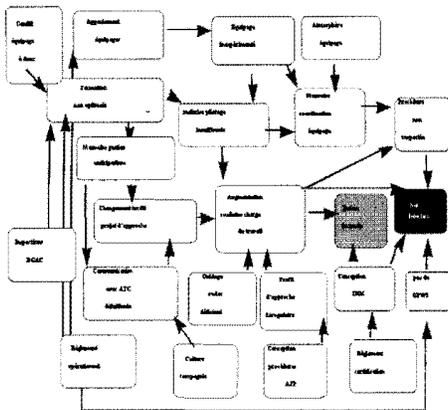


Figure 8. Arborescence causale.

le retour d'expérience soit un retour d'expérience moins formel et que l'information soit utile. Un certain nombre de réflexions ont été lancées à ce sujet. Autres recommandations : la conception de la procédure, ainsi que nous l'avons dit, était dérogatoire, cela a compliqué les choses – les recherches et les secours –, puis que l'on a mis quatre heures pour trouver l'avion.

On peut esquisser une conclusion plus large : derrière toutes ces défaillances locales, le problème fondamental est que l'on a injecté dans le système de l'aviation civile une nouvelle génération technologique d'avions, impliquant des formations différentes, des techniques différentes, des risques différents, et que l'on n'a pas su reconnaître l'ampleur du changement introduit, en somme que le transitoire a été mal vécu. Mais est-ce vraiment nouveau ?

Si l'on regarde les statistiques d'accidents de chaque génération d'avions, établies par le Service de la sécurité des vols d'Airbus Industrie (Figure 9), on constate que chaque fois que l'on introduit dans le système une nouvelle génération d'avions – les premiers jets, les premiers Boeing 707 qui traversaient l'Atlantique, la deuxième génération de jets un peu plus sophistiqués, la troisième –, on observe un pic d'accidents : c'est le risque du transitoire. On fait aussi un constat positif : à chaque introduction d'une nouvelle génération, non seulement on est gagnant sur le long terme puisque la courbe se stabilise à un niveau plus bas d'accidents, soit une régression régulière du niveau de risque au cours de l'histoire, mais aussi, parce que, à chaque fois, le pic de risque est plus faible en quantité et plus court, ce qui signifie que l'auto-apprentissage du système est plus efficace à chaque fois.

## Un élargissement de la réflexion sur les enquêtes-accidents et le retour d'expérience

Venons-en à ce qui pourrait être une conclusion générale. Comme indiqué précédemment, l'objectif de ce type d'enquête n'est pas la recherche de la responsabilité, de la culpabilité, des fautes : c'est le retour d'expérience, les leçons de l'accident. Cet objectif est théorique. Pour ce qui est de la pratique, on peut se

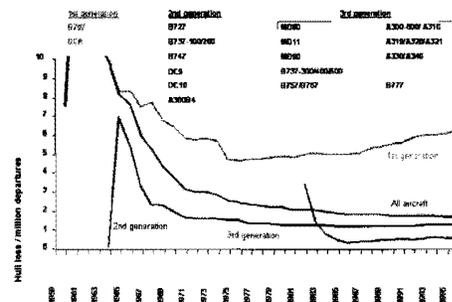


Figure 9. Risque et changements de génération « technologique ».

## ACTUALITÉS DE LA RECHERCHE

NATURES  
SCIENCES  
SOCIÉTÉS  
2000

demander quel est le rôle réel de l'enquête technique.

Sur le moment, on est dans la crise : tous les soirs, à la télévision, on parle de l'accident, des victimes, etc. L'enquête ne peut rester indépendante de ce contexte. Elle est un élément, une composante de la gestion de la crise. Il faut rétablir la confiance dans le système : le lendemain peu de passagers veulent monter dans les Airbus A320 d'Air Inter ou même des autres compagnies... Il faut une réponse des hommes politiques qui doivent pouvoir dire : « Les avions continuent à voler, on maîtrise ». L'enquête est une espèce de réassurance collective qui prend appui sur une sorte d'inversion logique, qui permet d'affirmer : « Puisque je vais enquêter et comprendre, je maîtrise ».

À court terme, il est urgent de chercher une réponse technique à la question : « Peut-on continuer à voler avec cet avion-là dans les conditions classiques ? ». Enfin, à plus long terme, l'objectif officiel est théorique : on cherche des leçons de l'accident, on veut réformer le système en profondeur. Mais un puissant effet annexe ne peut absolument pas être évité : on n'empêchera pas le juge d'instruction, même s'il ne vient pas fouiller dans les tiroirs des enquêteurs, de lire le rapport qui va être publié et de s'en servir pour faire son travail de juge d'instruction ; et tous les juges qui vont venir après lui vont faire leur travail également, de même que les avocats. Dans les jours suivant le crash, des avocats américains sont venus proposer aux victimes de leur faire gagner un procès sans rien payer mais en partageant 30% des bénéfices à la fin... L'enquête, le rapport d'enquête est une pièce dans ce processus inévitable. Aux États-Unis, il existe une loi qui interdit à la justice d'exploiter autre chose que la partie purement factuelle du rapport. C'est une hypocrisie : cela veut dire que l'on fait apprendre par cœur la suite à dix témoins qui viennent la déclamer... C'est donc relativement inefficace.

Il faut donc savoir que l'enquête est une composante incontournable de la gestion de la crise. On peut se demander en quoi c'est grave, en quoi cela aide ou cela empêche l'enquête. Tout d'abord, la crise gêne l'enquête. Tout le monde a peur de sa dimension judiciaire. Quand vous essayez de discuter avec des techniciens qui ont conçu l'avion, avec le responsable de la formation des équipages, avec tous les gens qui ont été impliqués dans le système, ils n'ont qu'une peur : se retrouver en prison. Ils ne vont donc pas vous dire spontanément tout ce qu'ils ont sur le cœur. Cela freine donc la circulation de l'information, l'expression des gens. De plus, il y a un contrôle quasi obsessionnel du monde politique sur l'enquête. C'est un peu surréaliste : on ne peut rien dire, il y a une véritable paranoïa, intériorisée par la structure d'enquête elle-même. On manipule des symboles dans le domaine politique, pas des faits et, donc, on ne peut plus rien dire, tout peut prendre un sens qui échappe à son auteur. Le verrouillage des informations est à la fois complètement justifié du point de vue judiciaire et incompatible avec la fonction de retour d'expérience, de réflexion collective sur la sécurité du système. Dernier frein : parce que c'est la crise, les vieilles querelles se rallument. Tous ceux qui avaient des choses à dire contre tel avion, telle compagnie, tel

chef le disent à nouveau. On détourne donc les éléments de l'enquête ou les conclusions de l'enquête à des fins partisans, au profit de sa démonstration, de sa thèse, de sa chapelle.

Faut-il dire pour autant : « Ne perdons plus de temps à enquêter sur les grandes catastrophes car la situation est tellement perturbée par la crise que l'on n'apprendra rien. Tout ce que l'on saura faire, c'est éviter la prochaine crise et, comme on sait qu'elle ne ressemblera pas à celle-là, cela ne sert à rien ? ». La réponse est non. Pourquoi ? C'est précisément parce que la crise est grave et la déstabilisation générale du système est telle que l'on découvre tout à coup que l'accident n'est pas local. Contrairement au retour d'expérience sur les petits incidents, on est en présence d'un très grand nombre de composantes imbriquées, tout le monde est sur le pont et cela casse les remparts, les hiérarchies, les verrous institutionnalisés de la communication. Les gens se protègent individuellement, mais, pendant un moment, les interdictions de dire sautent, les conventions organisationnelles du non-dit tombent. La crise ouvre certains canaux de communication qui n'existent pas en temps normal : on entend des choses, on apprend des choses que l'on n'aurait jamais apprises autrement. Et la crise ouvre aussi des fenêtres de changement : parce que le système est déstabilisé, on peut le changer. Quand ce sont des millions de dollars qui sont en jeu derrière la modification de deux digits sur une fenêtre d'affichage d'avion, il est très difficile d'aller expliquer au nom de la science ergonomique que ce n'est pas bien conçu, qu'il faut changer et que, sinon, on risque d'avoir des soucis. Il faut être très fort pour le faire... Par contre, quand l'avion est tombé, quand il y a 87 morts, c'est beaucoup plus facile... C'est triste, mais c'est ainsi chez Airbus, comme chez Boeing.

Passons à d'autres difficultés d'ordre méthodologique. Il n'est pas facile d'aller chercher les principes de sécurité véritablement mis en cause par l'accident et de dire : « C'est donc ça qu'il faut changer ». Il y a ensuite le problème d'indépendance de cette enquête par rapport aux grands acteurs : l'État, le constructeur, la compagnie. Il y a le problème de la compétence des personnes qui enquêtent. Comment peut-on construire cette compétence, la capitaliser ? Se posent aussi les problèmes d'interaction avec la justice<sup>1</sup>. Sur la question de l'indépendance, il faut rappeler qu'en France, c'est de l'inspection générale de la DGAC que dépend le Bureau des enquêtes et accidents. On dit que cela prouve son indépendance de la DGAC. Formellement, c'est vrai car les Inspections générales sont réputées indépendantes des administrations « administrantes ». Mais qui sont les personnes affectées au BEA ? En fait, elles viennent pour la plupart de la DGAC, y retournent un jour, et leurs carrières sont gérées par la DGAC. D'autre part, pour ce qui est de la compétence, au niveau du BEA, on peut former sur le long terme des experts de l'enquête compétents. Mais on l'a vu, ce ne sont pas eux qui ont la main en cas de grande catastrophe. Le problème vient de ce que, au niveau des Commissions d'enquête, ce ne sont jamais les mêmes personnes. Il n'y a

donc pas de capitalisation de savoir-faire sur la gestion d'une grande enquête. C'est à mon avis une des faiblesses du système français.

Pour conclure, on peut affirmer que, dans cette enquête, la crise a contribué à faire progresser le système. En effet l'enquête-accident est un élément de la structure de crise, elle bénéficie de la crise, elle progresse avec sa propre crise. C'est parce qu'il y a eu Habsheim et ses ratés qu'il y a eu l'enquête du Mont Sainte-Odile. J'ai la conviction que cette enquête n'aurait jamais été ainsi faite s'il n'y avait pas eu Habsheim. Mais les apprentissages au niveau de la grande organisation sont fragiles, certains durent très peu. Après ce début de reconstruction de l'image de l'enquête-accident en France, toute une série d'initiatives ont suivi, dont le rapport Abraham qui a été évoqué dans le séminaire. Ce rapport n'a pas débouché... Au fond, le vrai problème est peut-être que l'enquête-accident est conçue comme une boucle externe au système vivant, au système productif. On n'a pas cherché à organiser, au sein du grand système, une réflexion collective qui mettrait en jeu et associerait tous les acteurs – la tutelle, l'État, le constructeur, la compagnie, les pilotes, les organisations professionnelles – et qui, du coup, parce que ce serait une structure associative, gérerait les conflits, toujours très forts à la suite d'un accident. On a établi une boucle externe qui est censée construire un regard objectif, pour autant que cela existe, et recommander, formuler une espèce de vérité sur la sécurité future du système. Ce n'est pas satisfai-

sant. Cela engendre une espèce d'appropriation de la *vérité* par les structures permanentes, un contrôle jaloux sur l'information qui est malsain, opposé au besoin de circulation de l'information qu'exige la suite d'un accident. Cela amène d'ailleurs toutes les grandes structures à faire leur propre enquête. Le constructeur fait son enquête pour comprendre, par rapport à ses intérêts, ce qu'il doit comprendre ; la compagnie, la DGAC aussi, etc. Cette situation n'est d'ailleurs pas propre à la France, elle existe aussi aux États-Unis, alors qu'il y a là-bas une structure multi-modale beaucoup plus crédible globalement, le NTSB, l'autorité de tutelle américaine. Néanmoins, la FAA s'empresse de faire sa propre enquête de son côté. Ainsi, à la suite de ces enquêtes, chacun tire ses conclusions de son côté et il y a un risque de rejet a priori, ou de désintérêt pour la conclusion de l'enquête officielle administrative, surtout si elle arrive des années après l'événement, parce qu'il n'y a pas eu de consensus social dans la fabrication du rapport. Qui se soucie aujourd'hui des rapports du BEA ? Il faut vraiment qu'un rapport soit très bien fait, très argumenté et très solide pour qu'il soit utilisé. Ou bien il faut un très gros bâton pour faire appliquer les recommandations – mais ce n'est pas le but : par définition, une recommandation ne s'impose pas. Il y a donc une limite évidente dans le système d'enquête. Peut-on construire autre chose, autour de l'idée de réflexion collective organisée, de réseau d'analyse ? C'est sûrement la prochaine question qui se posera.

<sup>1</sup> Ce dernier point, développé lors de la communication, n'est pas repris dans cette présentation.

