

LES ACCIDENTS À L'ATERRISSAGE PAR MAUVAIS TEMPS

EN QUÊTE DE THÉORIES

Les atterrissages manqués par mauvaise météo constituent un modèle de catastrophe particulier, résultant d'une contradiction entre des facteurs naturels et des facteurs économiques. Les facteurs naturels jouent un rôle essentiel, car le vent et les précipitations sont des variables cruciales, difficiles à déterminer précisément à chaque instant. Mais les facteurs économiques sont tout aussi importants : les déroutements coûtent cher, la concurrence est forte, les bouts de piste sont gérés au plus juste, etc.

Par **Christian MOREL***

La théorie des catastrophes (ou la théorie des risques, peu importe la dénomination) est un domaine largement étudié. On pourrait, dès lors, se demander pourquoi ajouter de nouveaux développements à ce champ de la connaissance déjà assez bien documenté. Il se trouve que les accidents à l'atterrissage par mauvais temps offrent une particularité intéressante : les variables naturelles présentent un haut degré d'indétermination, qui résiste aux nombreuses tentatives menées pour prendre en considération ce paramètre. Beaucoup d'activités humaines dangereuses sont, certes, soumises aux aléas naturels, mais un avion qui atterrit par mauvaise météo l'est particulièrement : nous verrons qu'un pilote de ligne ne peut pas connaître la hauteur d'eau de pluie sur une piste, alors qu'il en a besoin pour fixer la distance d'atterrissage. Quand j'ai appris par la presse la sortie de piste, à Toronto, de l'Airbus d'Air France en août 2005, sa destruction par le feu et l'évacuation de justesse des passagers, je me suis posé la question des causes d'un tel accident, survenu lors d'un orage. J'ai pensé spontanément à une défaillance technique. C'est donc avec une grande curiosité que j'ai accueilli, en 2007, la sortie du rapport d'enquête du Bureau de la sécurité des transports

du Canada. La presse en ayant parlé de façon lapidaire et confuse, je me suis plongé dedans. Je l'ai lu et me suis informé des aspects techniques. J'ai découvert un certain nombre d'autres accidents qui s'étaient déroulés selon des scénarios similaires, et j'ai consulté les rapports de certains d'entre eux. Je suis arrivé à la conclusion que les atterrissages manqués par mauvaise météo constituent un modèle de catastrophe particulier. Ils sont la résultante d'une contradiction entre, d'un côté, des données naturelles mal définies, d'une gestion extrêmement coûteuse, et, de l'autre, une certaine pression économique. Je m'efforcerai, en conclusion, de situer le cas des atterrissages par mauvais temps par rapport à d'autres types de catastrophes.

L'ACCIDENT DE TORONTO : LA DISTANCE D'ATERRISSAGE PRÉVUE PAR LE MANUEL EXCÉDAIT LA LONGUEUR DE LA PISTE

Le 2 août 2005, l'Airbus A340-313 d'Air France quitte Paris à 11 h 53, pour effectuer le vol 358 à destination de Toronto. À bord, se trouvent 297 passagers et 12 membres d'équipage. En approche finale, le radar montre de fortes précipitations : un gros orage passe sur l'aéroport. À l'atterrissage, l'avion ne peut faire un arrêt

* Sociologue.

complet et sort en bout de piste. Il finit sa course dans un ravin et prend feu. Tous les passagers et membres d'équipage réussissent à évacuer l'appareil avant que le feu n'atteigne les voies d'évacuation. Deux membres d'équipage et dix passagers sont grièvement blessés lors de cet accident.

La piste d'atterrissage de l'aéroport de Toronto mesure 2743 m de long. Au moment de l'atterrissage, le 2 août 2005, l'Airbus d'Air France pesait 190 tonnes, la piste était détremée (6 à 7 mm d'eau), avec un vent arrière de 10 nœuds.

Le manuel de l'A340-313, mis à la disposition des pilotes par Air France, donne, sous forme de tableau (reproduit en annexe), les distances d'atterrissage nécessaires en fonction de la masse de l'appareil, de la contamination de la piste, de la vitesse du vent arrière, de l'altitude de l'aéroport et de l'usage ou non de l'inversion de poussée. Si l'on entre dans ce tableau les données de l'atterrissage de l'Airbus d'Air France à Toronto le 2 août 2005, on obtient une distance de 3215 m. La longueur de la piste étant de 2743 m, elle n'était pas suffisante. Même avec une donnée plus optimiste de vent arrière (5 nœuds, au lieu de 10 nœuds), on obtient une distance d'atterrissage de 2811 m, qui dépasse encore la longueur de la piste.

De plus, l'avion a franchi le seuil de la piste à 40 pieds (12 m) au-dessus de la hauteur normale, et l'inversion de poussée a été retardée. Cela a augmenté la distance d'atterrissage. Des articles de presse ont attribué à ces deux faits la sortie de piste. Mais, même si le seuil avait été franchi à la hauteur prévue et si l'inversion de poussée n'avait pas été retardée, la distance d'atterrissage donnée par le manuel de bord n'en aurait pas moins excédé la longueur de la piste.

S'agissant d'un atterrissage sur une piste de longueur insuffisante, la conclusion qui vient spontanément à l'esprit est qu'il s'agit d'une erreur de pilotage. Or, ce n'est pas le cas. En fait, les procédures d'Air France ne prévoyaient pas de façon explicite un re-calcule de la distance d'atterrissage en fonction de la météo réelle, observée au moment de l'arrivée. «*L'équipage ne connaissait pas la distance d'atterrissage nécessaire pour se poser... sur une piste contaminée.*» (1) Au départ, on détermine la distance d'atterrissage nécessaire en fonction des conditions météo anticipées pour l'arrivée. Si les conditions météo se sont aggravées durant le vol, il n'y a pas de procédure particulière pour déterminer la nouvelle distance d'atterrissage nécessaire. Après l'accident, Air France a donc effectué un rappel de ses procédures pour souligner l'importance de calculer la distance d'atterrissage réelle à l'arrivée, en fonction de la météo constatée. Air France était loin d'être le seul opérateur à ne pas prévoir une procédure particulière de

fixation de la distance nécessaire réelle à l'arrivée. L'administration américaine, inquiète de la répétition des atterrissages manqués dus au mauvais temps, a diffusé une alerte de sécurité (2) en août 2006. Elle y souligne que la moitié des compagnies questionnées n'ont pas de procédures d'évaluation de la distance d'atterrissage nécessaire à l'arrivée en fonction de la météo constatée en temps réel, même quand les conditions sont pires que celles prévues au départ. Même ceux qui font cet examen ne tiennent pas tous compte de l'état de la surface de la piste. Et la plupart de ceux qui font cet examen ne se donnent aucune marge de sécurité.

Cette faille dans les procédures est liée au fait que les atterrissages par très mauvais temps sont marqués par *une forte indétermination naturelle*. Je veux dire par là que les données naturelles sont particulièrement diverses, complexes et changeantes, quand la météo est très mauvaise. À cela s'ajoute *une pression économique diffuse* qui accroît le risque. Je vais examiner successivement ces deux mécanismes.

Il me faut, auparavant, définir ce que j'entends par «très mauvais temps». Cela comprend ce qu'on appelle, en navigation aérienne, le temps convectif (orages, vent, pluie, mousson), à quoi j'ajoute des conditions plus calmes, mais avec une piste glissante (par exemple en présence de neige fondue).

LA CONTAMINATION D'UNE PISTE

L'indétermination porte sur deux variables naturelles: les précipitations et le vent. En navigation aérienne, quand une piste est fortement perturbée par de la pluie, de la neige ou de la glace, on dit qu'elle est *contaminée*. Un premier élément de l'indétermination est que la notion de «contamination» est imprécise et multiple. Je n'en ai trouvé nulle part une définition qui soit claire et admise par tous. Selon le manuel de l'Airbus A340-313, une piste est contaminée lorsqu'il y a présence d'une couche d'eau de 3 mm ou plus. Dans le manuel du biréacteur d'affaires Cessna Citation 551, elle l'est dès la présence de 0,25 mm d'eau. Ainsi, avec 2 mm d'eau, une piste est contaminée pour le Citation, mais elle ne l'est pas pour l'Airbus. L'alerte de l'Administration américaine, pourtant soucieuse d'apporter un peu de cohérence en la matière, se contente de définir la contamination en citant les contaminants: une certaine profondeur d'eau («*standing water*»), neige, neige mouillée, neige fondue («*slush*»), glace, sable. Et elle définit une piste mouillée comme une piste qui n'est pas contaminée. L'expert d'Air France que j'ai consulté (un commandant de bord en exercice,

(1) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A05H0002, Sortie en bout de piste et incendie de l'Airbus A340-313 F-GLZQ exploité par Air France, à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) le 2 août 2005*, p. 133.

(2) Federal Aviation Administration, Safety Alert for Operators, *Landing Performance Assessments at Time of Arrival (Turbojets)*, 31 août 2006, p. 4.

ayant des responsabilités dans la politique de sécurité) m'a dit qu'il estimait la contamination ou non d'une piste de la manière suivante: elle est «humide», si elle a changé de couleur; elle est «mouillée», si elle est devenue luisante; elle est «contaminée», si la hauteur d'eau est mesurable. Le manuel des Lignes aériennes

d'Analyse de l'Aviation Civile: «*L'on ne sait pas mesurer une hauteur d'eau de manière opérationnelle.*» (4) Selon le commandant de bord cité plus haut, les responsables des aéroports se gardent bien d'annoncer une hauteur d'eau sur la piste, afin de ne pas engager leur responsabilité sur une variable particulièrement aléatoire. Ce



© James Leyser/REA

«En navigation aérienne, quant une piste est fortement perturbée par de la pluie, de la neige ou de la glace, on dit qu'elle est *contaminée*.» Avion au sol, sous la pluie (mai 2000).

Canadien Régional pour le Fokker F28 a encore d'autres définitions, avec des intervalles différents. Il distingue les états suivants: «humide» (moins de 0,25 mm d'eau), «pluie» (de 0,25 mm à 0,76 mm), «pluie abondante» (de 0,76 mm à 2,54 mm), «hydroplanage» (plus de 2,5 mm d'eau) (3).

Par ailleurs, si l'on définit, dans les manuels de bord, la contamination par une certaine hauteur d'eau, le problème est qu'il est impossible de mesurer la hauteur réelle. Intuitivement, on le comprend bien: comment déterminer, par exemple, si la hauteur d'eau est inférieure ou supérieure à 0,25 mm (c'est-à-dire un quart de mm)? Comme le dit le Bureau d'Enquête et

que confirme le rapport du Bureau de la sécurité des transports canadien: «*Peu d'aéroports, pour ne pas dire aucun, donnent des renseignements sur l'épaisseur de l'eau qui recouvre une piste*» (5) et «... pour les opérations sur piste mouillée, les équipages de conduite ne disposent d'aucun véritable moyen, par exemple l'épaisseur de la couche d'eau, pour déterminer l'état de la piste avant l'atterrissage.» (6)

C'est là évidemment un problème: les distances d'atterrissage sont données, dans les manuels des appareils, en fonction de la hauteur d'eau sur la piste. Mais, comme la hauteur d'eau n'est pas disponible, les équipages ne peuvent connaître la distance d'atterrissage qui en découle.

(3) Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A00A0185, *Sortie en bout de piste du Fokker F-28 C-GKCR exploité par les Lignes aériennes Canadien Régional, à Fredericton (Nouveau-Brunswick) le 28 novembre 2000*, p. 4.

(4) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien, Sorties longitudinales de pistes à l'atterrissage*, p. 4.

(5) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A05H0002, sortie en bout de piste et incendie de l'Airbus A340-313 F-GLZQ, exploité par Air France, à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) le 2 août 2005*, p. 53.

(6) *Op. cit.*, p. 117.

Les enquêteurs canadiens soulignent un fort consensus, chez les nombreux pilotes consultés, pour dire qu'en cas de fortes précipitations, le manque de renseignement sur l'état de la piste représente un grave danger.

En outre, la contamination est un phénomène qui peut évoluer très rapidement. En quelques minutes, la pluie peut faire passer une piste de l'état mouillé à l'état contaminé. Un Fokker des Lignes aériennes Canadien Régional transportant 42 passagers a effectué une sortie de piste à Fredericton (Nouveau-Brunswick), le 28 novembre 2000. La piste comportait de la neige fondue, mais celle-ci venait d'être balayée. L'équipage avait donc calculé la distance d'atterrissage pour une piste balayée, c'est-à-dire simplement mouillée, soit 1 379 m. Malheureusement, en quelques minutes, la piste s'était à nouveau couverte de neige fondue, portant la distance d'atterrissage à 1 652 m, valeur excédant la longueur de la piste. (7)

L'indétermination du taux de glissement peut être renforcée par des phénomènes tels que des accumulations d'eau provoquées par le vent (le terrain n'est pas contaminé à tel endroit, mais il l'est à tel autre), des fontes partielles de neige, la présence de gomme laissée par les trains d'atterrissage et des conditions particulières (une piste simplement mouillée peut s'avérer particulièrement glissante, comme la piste 35L à Congonhas São Paulo, où un Airbus de la TAM est sorti de piste, provoquant la mort de 199 personnes). Ce cas donne un autre exemple d'indétermination : une piste mouillée qui n'est pas rainurée (situation à Congonhas) peut être équivalente à une piste contaminée (mais les rainures ne constituent pas une solution idéale, car neige ou glace peuvent s'y incruster).

Or, la contamination – phénomène diversement défini, non mesurable, rapidement évolutif et multiple – a une influence considérable sur les distances d'atterrissage. Pour un Airbus A340-313 de 190 t, la distance d'atterrissage augmente de 900 m sur une piste avec 3 mm d'eau, par rapport à une piste simplement mouillée. Pour le biréacteur d'affaires Cessna Citation 551, la distance d'atterrissage augmente de 423 m, si la hauteur d'eau sur la piste passe de moins de 0,25 mm à plus de 0,25 mm (8). Une augmentation de 423 m de la distance d'atterrissage dépend donc seulement d'un quart de millimètre d'eau!

Les précipitations, outre le fait qu'elles rendent les pistes glissantes, atténuent la visibilité de façon variable : c'est, là encore, un facteur naturel qui contribue à l'indétermination environnementale.

(7) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A00A0185, sortie en bout de piste du Fokker F-28 C-GKCR exploité par les Lignes aériennes Canadien Régional, à Fredericton (Nouveau-Brunswick) le 28 novembre 2000.*

(8) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien, op. cit.*, p 4.

(9) Vent latéral ayant une composante arrière.

LE VENT ARRIÈRE SOUDAIN

Un second élément de la forte indétermination, naturelle et humaine, des atterrissages par très mauvais temps est la possibilité d'une composante soudaine de vent arrière (9) d'intensité accrue. Les brusques changements de vitesse et de direction du vent constituent une caractéristique du temps convectif. Le sens commun le vérifie lors de chaque orage. Dans le cas de Toronto, alors que l'appareil était à une altitude de 300 pieds, la situation est passée subitement d'un vent de face à un vent arrière de 10 nœuds (10). Dans un article du Bureau d'Enquêtes et d'Analyses de l'aviation civile sur la sortie de piste d'un B747-300 à l'aéroport Charles de Gaulle (CDG), il est souligné que le vent était annoncé comme calme au cours de l'approche finale, alors qu'une rafale, provoquant une composante de vent arrière de 10 nœuds, a été enregistrée au cours de cette approche (11).

Or, les distances d'atterrissage sont très sensibles au vent arrière. Ainsi, un vent arrière de 10 nœuds augmente d'environ 700 m la distance d'atterrissage d'un Airbus A340-313 de 190 t. Quand on sait que la longueur de la piste de Toronto est de 2 743 m et que la distance d'atterrissage sur piste contaminée, en l'absence de vent, est de 2 403 m, les 700 m supplémentaires dus au vent arrière font sortir l'avion de la piste.

La forte indétermination affectant le vent est aussi constatée sur l'information dont il fait l'objet. Le BEA, dans son article sur les sorties de piste, indique qu'à CDG, « un module d'instruction définit un « vent calme » comme d'intensité inférieure ou égale à 5 nœuds. Le vent indiqué aux pilotes au cours de l'approche finale est un vent moyenné sur deux minutes. Le contrôleur transmet les variations de vitesse de vent uniquement lorsque l'écart par rapport au vent moyenné est supérieur à 10 nœuds. Ainsi, un vent arrière de 14 nœuds pourrait être annoncé comme un « vent calme ». Les conditions du jour [de l'accident à CDG analysé par le BEA] étaient proches de cette situation » (12). Le commandant de bord, à qui j'ai fait état de cette affirmation du BEA, m'a répondu, surpris, qu'il n'était pas possible qu'un vent de 14 nœuds soit annoncé comme un « vent calme ». Il a certainement raison, mais le seul fait qu'il y ait désaccord entre experts sur la situation montre bien que cet élément est soumis à une bonne dose d'indétermination naturelle et humaine. Selon le rapport canadien sur l'accident de Toronto, « l'équipage de conduite a obtenu la vitesse et la

(10) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A05H0002, sortie en bout de piste et incendie de l'airbus A340-313 F-GLZQ exploité par Air France, à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) le 2 août 2005*, p. 125.

(11) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien, op. cit.*, p 6.

(12) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien, op. cit.*, p 6.

direction du vent à partir de l'écran de navigation de l'avion, lequel indiquait un vent traversier soufflant de la droite de 70 à 90°, à une vitesse de 15 à 20 nœuds. » (13) Peu de temps après, « le vent a changé de direction, passant... à une composante de vent arrière augmentant jusqu'à 10 nœuds. » (14) Le BEA conclut : « un vent arrière, en cours d'approche et à l'atterrissage, n'est pas toujours annoncé. » (15)

L'indétermination liée au vent, en météo convective, concerne aussi sa gestion. Si une composante de vent arrière apparaît soudain en approche finale, et en supposant que les pilotes en soient informés (on a vu plus haut que cela pouvait ne pas être le cas), les pilotes doivent reconsidérer très rapidement l'atterrissage – en particulier la distance d'atterrissage –, à un moment où la charge de travail est intense. Le BEA, dans une analyse de sortie de piste à CDG, écrit : « L'équipage, qui avait noté une composante de vent arrière importante en approche initiale, n'a pas constaté ni pris en compte cette composante dans sa gestion de l'approche finale. Il attribue cette inattention à la surcharge de travail... » (16)

La complexité du vent est accentuée par un effet qu'on appelle, en aéronautique, le cisaillement. C'est un brusque changement de direction du vent qui produit une forte composante arrière. Celle-ci, au lieu d'accélérer l'appareil, détruit sa portance. Les pilotes doivent donc gérer la vitesse à un niveau suffisamment bas pour ne pas augmenter la distance d'atterrissage, sachant qu'une vitesse trop faible détruirait la portance, si un cisaillement survenait. Dans le cas de Toronto, il y a eu du vent arrière, mais sans cisaillement. Mais on peut supposer que l'équipage avait en tête le risque de cisaillement.

UNE PRESSION ÉCONOMIQUE DIFFUSE

Dans le domaine des approches et atterrissages par très mauvais temps, plusieurs faits conduisent à supposer l'existence d'une pression économique diffuse, qui augmente le risque d'accident.

D'abord, on observe une propension à l'atterrissage plutôt qu'à la remise des gaz et au déroutement, en cas de très mauvais temps. Je ferai l'hypothèse que les considérations économique-commerciales ne sont pas étrangères à cette propension.

Un premier fait qui illustre cette propension est une recherche du MIT (17), qui montre une nette diffé-

rence de comportement des pilotes en matière de pénétration dans des systèmes convectifs, selon qu'ils sont en vol de croisière ou en zone terminale proche de l'atterrissage. La différence entre le nombre de pénétrations dans un orage est considérable, selon que l'appareil est en route ou en approche. Les orages sont notés sur une échelle de 1 à 6 par intensité croissante. *Les pilotes ne pénètrent à peu près jamais dans des orages d'intensité 3, 4 et 5 en route, tandis qu'ils pénètrent dans ceux-ci des centaines de fois, en approche.* Sur 281 vols analysés en approche avec des orages d'intensité 3 à 5 (bornes incluses), seuls 10 % se sont dérotés. Le rapport sur l'accident de Toronto avance comme explication le fait qu'éviter le mauvais temps en zone finale coûte plus cher que de l'éviter en route, car il pourrait en résulter une approche interrompue ou un déroutement. Un élément complémentaire montrant cette propension à atterrir dans le mauvais temps en raison du contexte économique-commercial est le fait que les avions ont davantage tendance à pénétrer dans le mauvais temps lorsqu'ils ont au moins 15 minutes de retard sur leur horaire, selon l'enquête du MIT (citée plus haut).

Un autre élément lié à la pression économique-commercial est la gestion du carburant. En cas de très mauvais temps, le sens commun pourrait laisser penser que les pilotes disposent de tout le carburant nécessaire pour attendre que l'orage passe, puis pour tenter à nouveau d'atterrir, puis, en cas d'échec, pour se dérouter sur un autre aéroport avec une confortable réserve, pour le cas où un problème météo se présenterait à nouveau. Mais cela ne se passe pas ainsi. Le carburant – faut-il le préciser? – coûte cher, et il faut l'économiser. Cet objectif peut conduire les pilotes, quand les critères justifiant un déroutement (et donc une consommation accrue de carburant) ne sont pas évidents (ce qui est souvent le cas par temps convectif), à choisir l'atterrissage à la destination prévue. De plus le déroutement n'est pas dénué de risques. L'équipage du vol qui a subi l'accident avait décidé qu'en cas d'approche interrompue, il se dérouterait sur Ottawa. Le carburant minimum requis pour se dérouter sur Ottawa se chiffrait à 4 500 kg, auxquels il fallait ajouter une réserve finale obligatoire de 2 800 kg permettant une attente de 30 minutes au-dessus du terrain, soit, au total, 7 300 kg. Or, l'avion s'est posé à Toronto avec 7 630 kg de carburant, une quantité qui lui aurait donc suffi pour se dérouter. Cependant, il existe une règle selon laquelle, si le carburant à l'atterrissage est inférieur à

(13) Bureau de la sécurité des transports du Canada, Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A05H0002, sortie en bout de piste et incendie de l'airbus A340-313 F-GHZQ exploité par Air France, à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) le 2 août 2005*, p. 5.

(14) *Op. cit.*, p. 5.

(15) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien*, *op. cit.*, p. 8.

(16) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien*, *op. cit.*, p. 7.

(17) D.A. RHODA et M.L. PAWLAK, *An Assessment of Thunderstorm Penetrations and Deviations by Commercial Aircraft in the Terminal Area*, Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Lexington, Massachusetts, 3 June 1999, 79 p.

4 200 kg (soit 1,5 fois la réserve finale obligatoire), l'équipage doit déclarer au contrôle aérien : « carburant minimum ». Cette annonce ne confère aucun traitement prioritaire à l'avion, mais elle avise le contrôle aérien qu'une situation d'urgence risque de survenir si l'atterrissage est retardé. Selon la procédure, les pilotes doivent déclarer une situation d'urgence s'il reste moins que la réserve finale de carburant (soit moins de 2 800 kg). Donc, en cas de déroutement sur Ottawa, l'équipage aurait dû faire l'annonce : « carburant minimum ». Et, pour peu qu'un retard soit survenu à cause de la météo ou du trafic, il aurait été dans l'obligation d'annoncer une situation d'urgence. En raison de la gestion économique du carburant, un déroutement sur Ottawa était loin d'être une solution confortable. D'autant plus qu'un équipage qui envisage un déroutement risque de rencontrer un embouteillage sur l'aéroport de décollage, car d'autres vols risquent d'avoir été confrontés à une situation analogue à la sienne.

La pression économique-commerciale comprend bien évidemment le traitement des passagers en cas de déroutement. Dans le dossier de vol de l'équipage figurait la durée du trajet Ottawa-Toronto en autobus, en cas de déroutement sur Ottawa, soit cinq heures, ce qui représente un désagrément majeur. Sur la feuille de l'équipage, cette durée de cinq heures avait été encadrée. Rien ne prouve que cela ait dissuadé l'équipage de se dérouter, mais on peut légitimement faire l'hypothèse que les pilotes avaient cette donnée en tête, quand la décision de poursuivre l'atterrissage a été prise.

Trois autres facteurs comprenant des dimensions économique-commerciales affectent les conditions d'atterrissage : la non-fermeture de l'aéroport, la distance d'atterrissage homologuée et, enfin, la longueur et les autres caractéristiques des pistes.

La fermeture d'un aéroport ou d'une partie de son infrastructure relève de l'exploitant de l'aéroport. Les responsables d'aéroport au Canada, aux États-Unis et en France qui ont été consultés par les enquêteurs ont tous indiqué qu'ils ne prévoyaient pas la fermeture d'un aéroport en raison du vent, de la pluie ou des orages. La seule responsabilité du contrôle aérien est de s'assurer que la piste est libre de tout obstacle. Seules des conditions hivernales précises (neige, verglas) entraînent la fermeture d'une ou de plusieurs pistes. La décision ultime de procéder à une approche ou à un atterrissage revient au pilote. Dans un système concurrentiel, il est naturel que les aéroports choisissent de rester ouverts en cas de temps convectif. Un aéroport qui fermerait en cas d'orage, de vent ou de forte pluie serait désavantagé par rapport à ses concurrents. Il m'a d'ailleurs été signalé que les aéroports russes, moins soumis à la concurrence et aux impératifs de rentabilité (tout au moins, jusqu'à un passé récent) que les aéroports des pays tra-

ditionnellement à économie de marché, avaient tendance à fermer, en cas de mauvaise météo. Le maintien, pour des raisons économiques, de l'ouverture d'un aéroport en cas de temps convectif renforce la propension à atterrir. Cela, d'autant plus que, selon le rapport, les pilotes de l'avion accidenté ainsi que d'autres pilotes pensaient – à tort – que les aéroports pouvaient fermer en cas de conditions météorologiques trop mauvaises pour permettre aux avions d'effectuer des atterrissages en toute sécurité.

Dans le domaine des distances d'atterrissage, la donnée de base est la distance homologuée pour l'appareil, présentée par le constructeur. Il s'agit de la distance d'atterrissage dans des conditions idéales : piste sèche, vent nul, approche réalisée avec la performance maximale, etc. On la désigne aussi par l'expression « distance non pondérée » (*unfactored distance*, en anglais). Les constructeurs, pour vendre leurs avions, ont intérêt à présenter des distances homologuées les plus courtes possibles. Mais les conditions de l'homologation ne correspondent pas aux conditions opérationnelles. Des distances d'atterrissage plus utilisables dans la pratique sont donc calculées en fonction des conditions réelles, soit par extrapolation, soit par essais, en ajoutant des marges de sécurité (ces distances sont appelées « distances pondérées » – *factored distances*, en anglais). Mais la distance d'atterrissage homologuée, peu réaliste, et influencée par des arrière-pensées commerciales, n'en reste pas moins une référence importante.

Contrairement à ce que le sens commun pourrait imaginer, les pistes d'atterrissage, tout au moins bon nombre d'entre elles, ne sont pas particulièrement longues. La piste 24L de l'aéroport de Toronto, où a eu lieu l'accident, mesure 2 743 m. La piste 08R de l'aéroport Charles de Gaulle où ont eu lieu les trois sorties de piste étudiées par le BEA dans son article (18) mesure 2 700 m. « À CDG, en particulier, les pistes normalement dédiées à l'atterrissage sont les plus courtes (2 700 m). » (19) Ces longueurs sont confortables quand la piste est sèche ou simplement mouillée et ce, par vent favorable. Mais en cas de contamination et/ou de composante de vent arrière, l'écart entre la distance d'atterrissage requise et la longueur de la piste se réduit considérablement. Ainsi, en cas de contamination et avec 5 nœuds de vent arrière, un Airbus A340-313 de 190 tonnes a besoin de 2 784 m pour atterrir (ceci avec inverseur de poussée). Ce chiffre est à rapprocher des 2 743 m de la 24L Toronto et des 2 700 m disponibles de la 08R de Roissy. Si nous nous intéressons maintenant à la piste de Périgueux, qui a fait l'objet d'une sortie de piste analysée par le BEA (20), sa longueur disponible est de 1 620 m seulement. Dès qu'il y a plus d'un quart de millimètre d'eau sur la piste, la distance d'atterrissage d'un Citation passe à 1 445 m. Il ne reste alors que

(18) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien*, op. cit., p. 4-8.

(19) Op. cit., p. 8.

(20) Op. cit., p. 3 et 4.

175 m entre le bout de piste et l'arrêt, et ceci en supposant un vent arrière nul. Par ailleurs, des considérations économiques peuvent conduire à certaines restrictions concernant les caractéristiques d'une piste. Ainsi, le 17 juillet 2007, l'Airbus A320 de la compagnie TAM sort de la piste à l'aéroport de Congonhas São Paulo, provoquant la mort de 199 personnes. La piste était réputée glissante par temps de pluie, mais les travaux de rainurage avaient été interrompus, afin de ne pas limiter le trafic. Par ailleurs, elle ne comportait pas d'aire de sécurité d'extrémité de piste, pourtant réglementaire.

Les considérations économiques conduisent à affecter les pistes longues exclusivement au décollage et celles qui restent, les moins longues, à l'atterrissage. Ainsi les flux sont séparés et l'aéroport est plus rentable, en termes de nombre d'opérations. Mais cela ne facilite pas les atterrissages par mauvais temps.

ABSENCE DE ROBUSTESSE ET FAIBLESSE DES MARGES DE SÉCURITÉ

En matière d'atterrissage par très mauvais temps, il découle de l'indétermination des phénomènes naturels et de la pression économique diffuse une absence de robustesse et des marges de sécurité réduites.

Un excellent exemple de non-robustesse est l'absence de cohérence dans le raisonnement sur les distances d'atterrissage selon que la piste est mouillée ou contaminée. La distance d'atterrissage par piste sèche est celle certifiée par le pilote d'essai multipliée par 1,67 (ce qui signifie qu'on la divise par 0,60 afin que la distance certifiée ne représente que 60 % de la piste). Pour une piste mouillée, on ajoute 15 %. Mais quand la piste est contaminée, le raisonnement est différent: on considère la distance réelle observée lors d'essais sur des pistes contaminées et on y ajoute 15 %. Autrement dit: quand la piste est mouillée, la marge est de 82 % (67 % + 15 %) par rapport à la distance résultant des essais sur piste sèche et quand la piste est contaminée, elle chute à 15 % par rapport à la distance résultant des essais sur piste contaminée. Cela entretient une confusion chez les pilotes, habitués aux marges confortables de 60 % ou 82 % pour les pistes sèches ou mouillées, et qui, brutalement, face à une piste contaminée, n'ont plus que 15 % de marge, alors qu'ils ont en tête les marges habituelles, confortables, de 60 % ou 82 %. Après l'accident de Toronto, Air France a décidé de mettre l'accent, dans ses formations, sur cette différence de logique entre la marge des pistes mouillées et celle des pistes contaminées.

Le défaut de robustesse est illustré par d'autres faits, tels que l'absence de procédure spécifique dictant le calcul de la distance d'atterrissage nécessaire à l'arrivée en fonction de la météo (défaut corrigé récemment, à Air France), les notions multiples de contamination d'une piste, la référence à des hauteurs d'eau sur la piste alors même que celles-ci, qui ne sont pas mesurées (voire mesurables) ne sont donc pas communiquées à l'équipage, la fausse croyance, chez des pilotes, qu'un aéroport pourrait fermer en cas de pluie, de vent ou d'orage, les débats non tranchés sur la prise en compte ou non de l'inversion de poussée et du freinage automatique dans la fixation des distances d'atterrissage nécessaires figurant dans les manuels, la complexité des tableaux indiquant les distances d'atterrissage, l'utilisation en approche des informations de performance de freinage donnés par les appareils qui viennent de se poser, alors que les avions sont différents entre eux (poids, taille), etc.

Pour ne citer qu'un dernier exemple de non-robustesse parmi bien d'autres: l'équipage du Fokker qui est sorti de piste au Canada le 28 novembre 2000, en raison de la présence de neige fondante, possédait un manuel donnant les distances d'atterrissage pour: neige compactée en dessous de -15 °C, neige compactée au dessus de -15 °C, neige, neige tassée et sablée, plaques de neige, glace humide, glace en dessous de -10 °C, glace couverte de sable. Mais le manuel ne donnait pas d'information sur la distance d'atterrissage en cas de neige fondante (ce qui est étonnant, pour des lignes intérieures *canadiennes*) (21), alors que le manuel de l'Airbus accidenté à Toronto indique des distances d'atterrissage, d'une part, en cas de neige mouillée et, d'autre part, pour la neige fondante (voir annexe).

Surtout, il n'existe pas de règle standardisée et simple qui permettrait aux équipages de décider ou non de se dérouter, en cas de très mauvais temps à l'atterrissage. C'est pourtant ce que recommande le rapport sur l'accident de Toronto. «*Le Bureau recommande que les autorités de l'aviation civile établissent des normes claires limitant les approches et les atterrissages dans du temps convectif.*» (22) La fixation d'une telle règle se heurte à une double difficulté. L'indétermination des variables est telle qu'il faudrait fixer une règle très précautionneuse pour couvrir tous les aléas possibles, et donc des seuils très bas à partir desquels les avions devraient se dérouter. Et c'est là que l'on rencontre les contraintes économiques: une compagnie ou un pays qui fixerait à un niveau très bas des seuils de déroutement serait désavantagé par rapport à la concurrence. La combinaison de la forte indétermination naturelle (eau et vent imprévisibles) et d'une pression économique diffuse aboutit à une absence de solution. C'est ainsi qu'on en arrive à ces

(21) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A00A0185, sortie en bout de piste du Fokker F-28 C-GKCR exploité par les Lignes aériennes Canadien Régional, à Fredericton (Nouveau-Brunswick), le 28 novembre 2000.*

(22) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A05H0002, sortie en bout de piste et incendie de l'Airbus A340-313 F-GLZQ exploité par Air France, à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) le 2 août 2005, p. 132.*

situations absurdes, où, par exemple, les distances d'atterrissage sont données, dans les manuels à la disposition des équipages, en fonction de hauteurs d'eau en temps réel, alors que celles-ci ne sont pas disponibles.

De nombreux faits illustrent, par ailleurs, le caractère réduit des marges de sécurité. On a vu plus haut que la distance d'atterrissage d'un Airbus A340-313 ne laissait aucune marge entre l'arrêt de l'appareil et le bout de la piste, sur plusieurs pistes comme la 24L de Toronto ou la 08R de Roissy, dès lors que celles-ci sont contaminées. Une piste peut être glissante et la distance nécessaire pour atterrir être correcte, comparée à la longueur de piste disponible. Mais les marges sont si faibles qu'il suffit qu'un second facteur défavorable intervienne pour provoquer la sortie de piste: une composante (même minime) de vent arrière, quelques secondes de retard au déclenchement de l'inversion de poussée, un passage du seuil un peu trop haut, etc. La FAA recommande d'appliquer une marge de sécurité de 15 % aux distances d'atterrissage réelles. Mais 15 %, c'est très peu. Les distances d'atterrissage sont établies par des pilotes d'essai, qui poussent le test à l'extrême (quitte à abîmer l'appareil) pour obtenir des distances de freinage minimales, irréalistes en exploitation commerciale. De plus, beaucoup d'aléas augmentent la distance d'atterrissage d'un ordre de grandeur au moins équivalent à la marge de sécurité de 15 %. Par exemple, pour un A340-313, une composante de vent arrière soudain de 5 nœuds accroît la distance d'atterrissage de 15 % et l'absence d'inversion de poussée l'accroît de 11 % (la FAA recommande d'accroître la distance d'atterrissage de 20 %, en cas de non-utilisation de l'inversion de poussée (23)). Une distance d'atterrissage insuffisante à cause de la météo a provoqué à nouveau un accident à Chicago, quelques mois après celui de Toronto. Cette fois-ci, il y avait bien eu un calcul de la distance d'atterrissage tenant compte de la présence de neige sur la piste, mais en supposant une inversion de poussée sans aucun retard, donc sans aucune marge de sécurité. Comme l'inversion de poussée a été déclenchée avec plusieurs secondes de retard, la longueur de la piste s'est avérée insuffisante. Dans le cas de la sortie de piste du moyen courrier Fokker à l'aéroport de Fredericton, il y avait une marge de 175 m entre la distance d'atterrissage sur piste mouillée et le bout de la piste. Comme la piste n'était pas simplement mouillée, mais affectée par de la neige fondante, il aurait fallu une marge de 273 m: l'avion est donc sorti de la piste.

On peut regarder aussi la question des marges sous l'angle du dégagement du bout de la piste. Les normes

internationales prévoient une aire libre de tout obstacle, d'une longueur de 150 m, dans le prolongement de la piste. Mais 150 m, au regard des distances d'atterrissage par conditions défavorables, en particulier pour les pistes les moins longues, c'est peu. D'ailleurs, la FAA (qui a étudié les sorties de piste pendant 12 ans) a découvert que la plupart des avions s'immobilisaient dans les 305 m (1 000 pieds) au-delà de l'extrémité de la piste (marge que la FAA exige désormais). C'est donc le double de la marge des 150 m.

Comme le dit pudiquement le BEA dans son article sur des sorties de piste: « Ces marges réglementaires ont été définies pour prendre en compte un ensemble de variables et il n'y a pas de correspondance exacte avec les réalités opérationnelles. » (24)

LA FRÉQUENCE DES ACCIDENTS À L'ATTERRISSAGE PAR TRÈS MAUVAIS TEMPS

En cas de très mauvais temps à l'atterrissage, l'indétermination des facteurs naturels et la pression économique diffuse, avec le défaut de robustesse et de marges suffisantes, entraîne inévitablement une certaine fréquence des accidents (à un niveau relatif, étant entendu que le transport aérien est, globalement, très fiable). Le Bureau de la Sécurité des Transports (BST) du Canada l'exprime sans détours: «... les recherches du BST effectuées à la suite de cet accident [de Toronto] ont montré clairement que la pénétration dans du temps convectif en région terminale pendant l'approche à l'atterrissage était une pratique répandue dans l'industrie... En conséquence, des accidents en approche et à l'atterrissage provoqués par du temps convectif surviennent régulièrement de par le monde. » (25) Un reportage de la chaîne National Geographic (« Air Crash ») annonce 37 sorties de piste en 2005, liées à des conditions proches de celles de l'accident de Toronto.

Des énumérations, bien qu'elles ne soient pas exhaustives, illustrent cette tendance. Le Bureau de la Sécurité des Transports canadien cite six cas dans des compagnies autres qu'Air France. Le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses français cite cinq autres cas, dans son article sur les sorties de piste à l'atterrissage (26). On constate, en outre, des cas récents: le 17 juillet 2007, à São Paulo (27) (sortie de piste d'un Airbus de la TAM et mort de 199 personnes), le 4 janvier 2008, à Deauville (sortie de piste d'un 737 d'Atlas Blue), le 3 mars 2008, à Hambourg (l'aile d'un A320 de la Lufthansa heurte la

(23) Federal Aviation Administration, Safety Alert for Operators, *Landing Performance Assessments at Time of Arrival (Turbojets)*, 31 août 2006, p. 4.

(24) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien*, op. cit., p. 8.

(25) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête*

aéronautique A05H0002, sortie en bout de piste et incendie de l'Airbus A340-313 F-GLZQ exploité par Air France, à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) le 2 août 2005, p. 89-90.

(26) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Incidents en transport aérien*, op. cit.

(27) Aggravé par un problème d'inversion de poussée et par l'absence de zone de sécurité en bout de piste.

piste) et le 5 septembre 2008, à Limoges (sortie de piste d'un 737 de Ryanair).

QUELQUES RÉFLEXIONS THÉORIQUES

Toute catastrophe est le résultat d'une multitude de variables. Je propose néanmoins de les différencier en fonction de la (ou des) variable(s) dominante(s).

On peut distinguer, en premier lieu, *les catastrophes à dominante naturelle*. L'indétermination des phénomènes naturels intervient de façon écrasante. L'exemple typique est la tornade. Elle naît de façon extrêmement soudaine, sa trajectoire est imprévisible, sa puissance est cataclysmique. Des moyens de prévision existent, mais ils sont peu efficaces, et la protection contre la force des vents est limitée.

Je considérerai ensuite *les catastrophes à dominante technologique*. Ce sont les accidents, au sens de Charles Perrow (28). Le processus technologique est d'une complexité telle qu'il est impossible d'anticiper tout ce qui peut se passer. Fatalement, un jour ou l'autre, un événement technique imprévu se produit, avec des interférences et des enchaînements qui aboutissent à une catastrophe. Un long courrier a dû se poser avant la piste, il y a de cela quelque temps, en Grande-Bretagne, parce que *les deux* moteurs se sont soudainement arrêtés. Les ingénieurs ne comprennent pas ce qui s'est passé. On soupçonne un bug dans le logiciel de gestion des moteurs. L'incident n'a pas fait de victime, mais je l'aurais classé dans les catastrophes à dominante technologique, si cela avait été le cas.

Les catastrophes à dominante économique constituent la troisième catégorie. Karlene Roberts (29), qui est un des créateurs de l'école des organisations hautement fiables, a été interrogée sur sa vision contemporaine des facteurs de non-fiabilité. Elle a énuméré des facteurs économiques. Selon elle, les économies organisationnelles, tellement à la mode aujourd'hui, introduisent des éléments de fragilité dans les organisations qui mettent en cause la haute fiabilité: la réduction des effectifs, qui détruit le capital d'apprentissage, les économies de formation, la sous-traitance (les intersections entre organisations sont des points fragiles), la mutualisation des fonctions support, qui déresponsabilise, la suppression des redondances et l'éclatement de l'activité en unités concurrentes. Les accidents ferroviaires que la Grande-Bretagne a connus il y a quelques années sont, à mes yeux, typiques des catastrophes à dominante économique.

Enfin, il faut citer *les catastrophes à dominante organisationnelle*. Le cas emblématique est l'explosion en vol de la navette *Challenger*. Les interprétations divergent. Diane Vaughan (30) y voit l'effet de ce qu'elle appelle une *normalisation de la déviance*. Christian Morel (31) insiste davantage sur la perte des repères cognitifs et téléologiques, qui conduit l'organisation à s'enfoncer dans l'absurde. On pourrait aussi examiner ce cas sous l'angle de la sociologie croziérienne (phénomène bureaucratique, conflits d'intérêt, cercles vicieux, etc.). Mais, quelles que soient les approches, c'est l'organisation qui est, ici, l'artisan de son propre malheur.

Enfin, revenons aux cas étudiés dans cet article: les catastrophes à l'atterrissage par très mauvais temps sont à deux dominantes, cette fois-ci naturelle et économique. Naturelle, car le vent et les précipitations sont des variables cruciales, difficiles à déterminer précisément à chaque instant. La dominante naturelle est donc essentielle. Mais la dominante économique est tout aussi importante: les déroutements coûtent cher, la concurrence est forte, les bouts de piste sont gérés au plus juste, etc. Une organisation confrontée à un risque de catastrophe à double dominante (naturelle et économique) est placée face à un dilemme qui se traduit dans son comportement: solutions non robustes, marges insuffisantes, mesures partielles, dispositions peu contraignantes, etc. On peut prendre l'exemple de la décision de pénétrer dans un orage à l'approche, ou de se dérouter. D'un côté, le déroutement est valorisé. Un membre du *National Transport Safety Board* (américain) a déclaré, après un accident, à Little Rock, du même type que celui de Toronto: «*Nous ne voulons pas les voir là*» (comprendre: nous ne voulons pas voir les avions atterrir dans un orage). À Air France, la consigne enseignée dans les formations est la remise des gaz (avec, au bout, un déroutement probable). Mais, d'un autre côté, on observe la tendance inverse de limitation des déroutements. Un colloque du transport aérien à Ottawa comprenait un groupe de travail sur les économies de carburant (32). La rareté des déroutements météorologiques y était valorisée «1, tous les 4 000 vols!», en totale contradiction avec les partisans d'une limitation des atterrissages par très mauvais temps, que les pilotes ont trop tendance à pratiquer. D'ailleurs, une diapositive manifestait de façon caricaturale la politique hésitante en matière de déroutement: il y était déclaré: «Les procédures d'économie de carburant sont une nécessité.» Puis figurait, en seconde position, l'affirmation: «La sécurité passe toujours en premier.»

(28) Charles PERROW, *Normal accidents*, Princeton University Press, Princeton, 1984, 451 p.

(29) «An interview with Karlene Roberts», Interview by Mathilde Bourrier, *European Management Journal*, Vol. 23, No. 1, février 2005, p. 93-97.

(30) Diane VAUGHAN, *The Challenger Launch Decision*, Chicago, The University of Chicago Press, 1996, 575 p.

(31) Christian MOREL, *Les Décisions absurdes*, Paris, Gallimard, 2002, 309 p.

(32) Voir notamment: Karl E. WEICK, «The collapse of sensemaking in organizations: The Mann Gulf Disaster», *Administrative Science Quarterly*, décembre 1993, 38, 4, p 628-652.

Autre exemple illustrant le dilemme: quand survient un accident à l'atterrissage dû au très mauvais temps, les enquêteurs répètent, à chaque fois, avec force, qu'il faut fixer une politique claire, limitant l'atterrissage. On lit ce type de conclusion dans les rapports d'enquête suivants concernant les accidents à l'atterrissage:

– Little Rock, en 1999 (American Airlines). Un membre du National Transport Safety Board américain: «*Nous avons vraiment besoin d'une zone tampon autour des orages et d'une standardisation...*» (34)

– Bangkok, en 1999 (Qantas). «*L'Australian Transport Safety Bureau recommande... que tous les opérateurs australiens d'avions à réaction de grande capacité mettent en place des procédures... afin que les équipages soient convenablement outillés pour les opérations sur les pistes mouillées et contaminées.*» (35)

– Cayenne, en 2001 (Air France). «*Le BEA recommande que la DGAC s'assure que les consignes données par les exploitants pour la réalisation des approches en conditions orageuses sont suffisamment claires et précises.*» (36)

– Toronto, en 2005 (Air France). Le BST canadien: «*Le bureau recommande que la DGAC française et d'autres autorités de l'aviation civile établissent des normes claires limitant les approches et les atterrissages dans du temps convectif.*» (37)

– Chicago, en 2005 (US Airline). La Federal Aviation Administration américaine a diffusé une alerte de sécurité recommandant des marges de sécurité et des procédures standardisées (38).

Mais, aujourd'hui, il n'existe toujours pas, au niveau mondial, de standard précis, clair et opérationnel de limitation des atterrissages par très mauvais temps.

Considérons le cas des chiens dangereux. Il s'agit davantage d'accidents que de catastrophes, mais ils sont vécus comme telles par l'opinion, du fait de leur caractère horrible et de leur répétition. Ces accidents sont à double dominante: naturelle, et économique. On a bien, d'un côté, l'indétermination naturelle: on ne sait pas quelles sont les races véritablement dangereuses, quel est le niveau de garantie du dressage, ce qui va provoquer un chien, etc. Pour répondre à cette indétermination de façon sûre, des interdictions importantes seraient nécessaires (nombreuses races de chiens interdites, formation et permis obligatoires). De l'autre côté de la balance figure la contrainte économique, qui

prend la forme d'une pression consumériste: les propriétaires sont peu disposés à se voir imposer des limitations. La contradiction entre ces deux dimensions se traduit dans les comportements organisationnels: les dispositions adoptées sont bancales, peu efficaces. Les experts en élevage canin émettent des déclarations allant dans des sens différents. À chaque drame, une nouvelle couche de mesures est rajoutée, puis le soufflé retombe...

S'agissant des atterrissages par très mauvais temps, on peut se poser la question de la façon dont le sujet va évoluer: le problème ne va évidemment pas s'estomper; les orages et les précipitations ne vont pas cesser, et le trafic tend à augmenter. Pour briser la contradiction entre ces deux dimensions du problème que sont l'indétermination des éléments naturels et la pression économique, qui l'ignore, chacune d'entre elles devrait faire l'objet d'une rupture. Concernant la première dimension, des solutions techniques sont envisageables. Des coefficients de frottement standardisés pourraient être définis, qui seraient mesurés en temps réel, pour chaque piste: il existe des appareils pour cela. La contamination serait ainsi mesurée objectivement. Des distances d'atterrissage – par appareil – seraient ainsi calculées, en fonction des coefficients obtenus. Par ailleurs les bouts de piste pourraient être équipés de systèmes de freinage, comme il en existe pour les poids lourds, en bas de certaines descentes (sol meuble, dans lequel les roues s'enfoncent). Quelques pistes d'atterrissage sont ainsi équipées dans le monde et ont déjà servi. La rupture qu'il serait nécessaire de créer sur la seconde dimension – la pression économique – devrait consister en une gestion internationale, afin de dépasser les problèmes de concurrence. En effet, les solutions de coefficients de frottement, de zones meubles en bout de piste et autres (comme des marges de sécurité plus élevées ajoutées aux distances d'atterrissage) ne seraient viables que si tous les aéroports et toutes les compagnies les appliquaient, car ceux qui ne les respecteraient pas disposeraient d'un avantage concurrentiel, en termes de coût et de commerce (moins de règles, moins d'infrastructure, moins de déroutements). Cela ne peut être fait qu'au niveau de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale. ■

(33) Richard Sowden, Atelier sur les mesures opérationnelles visant aux économies de carburant, Ottawa, 5-6 novembre 2002.

(34) «*Inadequate Standardization and Tired Pilots Emerge as Top Issues in Crash Investigation*», *Air Safety Week*, site web, 29 octobre 2001.

(35) Australian Transport Safety Bureau, *Investigation Report 199904538, Boeing 747-438, VH-OJH, Bangkok, Thailand, 23 September 1999.*

(36) BEA, *Rapport. Incident survenu le 25 mai 2001 sur l'aérodrome de*

Cayenne-Rochambeau (Guyane) à l'Airbus A340-311 immatriculé F-GLZC exploité par Air France, 25 mai 2001, 71 p.

(37) Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête aéronautique A05H0002, sortie en bout de piste et incendie de l'Airbus A340-313 F-GLZQ, exploité par Air France, à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) le 2 août 2005, p. 132.*

(38) Federal Aviation Administration, *Safety Alert for Operators, Landing Performance Assessments at Time of Arrival (Turbojets)*, 31 août 2006, 11 p.

A340AIR FRANCE
OA.NT**Performances Particulières (313)
DECOLLAGE ET ATERRISSAGE SUR
PISTE CONTAMINEE**

TU 04.02.50. 13

25 DEC 03

313

- Tableaux valables pour :
 - . 0 ft d'altitude pression
 - . pour toutes températures $\leq 40^{\circ}\text{C}$
 - . vent nul
 - . sans utilisation des inverseurs et sans autobrake.
 - . VAPP = VLS + 5 kt
- Interpolations sur masses et épaisseurs obligatoires,
- Extrapolation interdite.

VOLETS FULL**LONGUEURS DE PISTE NECESSAIRES A L'ATERRISSAGE (mètres)**

ETAT DE LA PISTE			Masse atterrissage (t)							
			130	150	170	190	210	230	250	270
Eau	3 à 6 mm		2060	2160	2350	2690	3010	3320	3620	3890
	13 mm		1980	2010	2180	2470	2760	3050	3330	3730
Neige poudreuse	Neige mouillée	Slush								
		15 à 51 mm	4 à 13 mm	2 à 6 mm	1980	2000	2110	2330	2600	2950
-	25 mm	13 mm	1980	2000	2110	2330	2590	2950	3330	3730
Neige tassée ou Glace (*)			1980	2000	2110	2330	2590	2950	3330	3730
Glace (**)			3350	3540	3810	4220	4640	5000	5300	5590

(*) Glace avec coeff. frottement $> 0,25$ ou freinage reporté = MEDIUM ou GOOD

(**) Glace avec coeff. frottement $\leq 0,25$ ou freinage reporté = POOR ou UNRELIABLE : Atterrissage INTERDIT sauf cas d'urgence.

CORRECTIONS (%)

Corriger les longueurs nécessaires d'atterrissage des tableaux ci dessus en fonction des conditions suivantes:

VAPP = VLS		- 3 %
Altitude pression aéroport	Par tranche de 1000 ft au-dessus de 0 ft	+ 5 %
	Neige tassée	+ 10 %
Vent arrière (pour 5kt)	Autres contaminants	+ 15 %
	Glace	- 26 %
Utilisation des 4 inverseurs	Autres contaminants	- 10 %

Performances particulières. Décollage et atterrissage sur piste contaminée (manuel d'exploitation Air France, 25 décembre 2003).