

## *La pénétration d'un panache volcanique, vieux de 48 heures, doit-elle être considérée comme dangereuse pour un avion de ligne ?*

Ce texte est le contenu d'une conférence que Michel Reddan a prononcé à plusieurs reprises. Michel Reddan a été responsable du service météorologique à Air France de 1974 à 1992 et président de la commission Aviation-Transport du Conseil Supérieur de la Météorologie de 1990 à 1998. Le comité de rédaction d'Arc en Ciel a estimé que ce texte était susceptible d'intéresser nos lecteurs.

Quand, en 1982, un malheureux B747 de British Airways a été impliqué dans un incident presque fatal après avoir volé dans un panache volcanique au-dessus de l'Indonésie, le volcan Galunggung était en éruption depuis trois mois. Pourtant pas un NOTAM pas un avertissement n'avait été émis pour l'aviation commerciale. C'était mal. Quinze jours plus tard un jumbojet de Singapour Airlines subissait un incident analogue dans la même région. Les autorités locales fermèrent alors une large portion de leur espace aérien au trafic. Des routes aériennes reliant le Sud-Est Asiatique à l'Australie restèrent interdites pendant des semaines. Ceci fut également mal ressenti par les exploitants en considération de temps de vol augmentés avec les conséquences financières de retards d'exploitation et de consommations accrues de carburant. Il est vrai qu'à cette époque on connaissait encore peu de choses sur les nuages volcaniques à différents stades de leur existence. Aujourd'hui la question est posée : 48 heures après sa formation un tel nuage est-il dangereux ?

D'un point de vue mécanique il semble logique de supposer que les composants solides du nuage, jusqu'aux "lapilli d'amalgame" d'une grosseur d'un millimètre, injectés dans l'explosion convective au-dessus du volcan, seront retombés après un jour ou deux. Et encore, à ma connaissance, cette hypothèse ne s'appuie pas sur des faits vérifiés. Les spécialistes de l'Office Météorologique Britannique disent bien qu'il n'ont pas connaissance d'incidents concernant des panaches vieux de plus d'un jour ; ils précisent que ceci ne veut pas dire que de tels nuages sont devenus inoffensifs mais plus probablement que l'on dispose alors d'assez d'information sur la localisation des panaches pour que les avions puissent les éviter. De toutes façons, tirer des conclusions sur ce seul aspect serait une erreur dans la mesure où ce serait laisser totalement de côté les processus chimiques qui interviennent dans une rencontre entre un panache et un avion équipé de turbo-jets.

Je ne voudrais pas vous ennuyer en évoquant des faits bien connus de spécialistes, cependant je souhaite rapidement mentionner quelques points. La nature très diversifiée des éruptions phréato-magmatiques est le premier de ces points. Les volcanologues ont procédé à un classement des types d'éruption allant des Hawaïennes ou Stromboliennes avec principalement des éjections de gaz et d'eau dans la basse troposphère, jusqu'aux éruptions Pliniennes ou Katmaiennes accompagnées de projections de matières solides et liquides dans la Stratosphère. Cette classification est rigide et académique. Les volcanologues sont les premiers à reconnaître que chaque éruption étudiée montre des caractéristiques uniques. Le contenu de particules éjec-

tées varie d'une minute à l'autre au cours d'une éruption. Donc pour des exploitants aéronautiques cette hiérarchisation est d'un faible apport dans notre estimation d'un danger potentiel. De plus, comme le note le Professeur William I. Rose de l'université de technologie du Michigan peu de panaches ont été réellement étudiés et encore moins l'ont été en détail. Jusqu'à une époque récente des échantillons de gaz étaient prélevés sur le site de l'éruption mais analysés plus tard quand ils s'étaient refroidis et que leur nature avait changé. C'est mon vieil ami, le volcanologue François Le Guern du CNRS qui le premier développa une technique d'analyse des gaz sur le site et à la température du cratère. En plus des cendres, un panache est composé de gaz libres et d'aérosols. Par définition les aérosols ont une vitesse de chute considérée comme négligeable. Leur persistance sera encore plus grande dans la Stratosphère où ils sont transportés par des vents porteurs plus forts que dans la Troposphère. De plus, quand ces fines particules, solides ou liquides sont mélangées à un agent transporteur pré-existant, comme de petites gouttes d'eau par exemple, il y a de bonnes chances que ces aérosols grossissent par coalescence comme le font des grêlons dans un cumulonimbus. Leur taille passera rapidement de quelques microns à quelques dixièmes de millimètres... et ils flotteront toujours sur des vents porteurs.

Retour à notre sujet. Supposons qu'un pilote soit prêt à pénétrer un panache vieux de 48 heures. Supposons qu'il accepte des distorsions de liaisons VHF, l'érosion des bords d'attaque, la corrosion de la peinture, des odeurs étranges à bord etc... tout ça comme le tribut à payer pour maintenir son horaire et les bonnes relations avec son chef pilote. Considérons maintenant les conséquences de sa décision sur ses moteurs ainsi que sur les pare brises et les prises statiques.

### **Les moteurs**

Bien sûr la poussée ne sera pas sur "ralenti". Notre bonhomme sera en croisière ou, pis encore, en montée vers un niveau de vol supérieur. Ceci signifie que la température des chambres de combustion sera autour de 1 200 °C. Dans le pyroclast, les silicates de verre sont les composants qui ont le point de fusion le plus bas, environ 600 °C. Donc après avoir érodé les ailettes de compresseur en pénétrant dans le réacteur (et ceci en soi est suffisant pour créer le pompage) les cendres vont continuer leur chemin à l'intérieur du moteur. Le grain est très fin et plus il est fin, plus vite il fond. Ce qui arrive ensuite est fonction de la nature du pyroclast. S'il est composé principalement de basalte sa viscosité est faible quand il a fondu mais s'il y a beaucoup d'andésite, ou pis encore, de dacite dans sa composition il

est très visqueux. Ces particules fondues vont donc se déposer sur les parties plus froides du moteur tels que les injecteurs de carburant ou les trous de refroidissement des ailettes de turbine. Elles formeront un glacis de plusieurs millimètres d'épaisseur auquel adhéreront des cendres. Maintenant, avec le tohu-bohu que créera cette présence de corps étrangers dans le moteur, ce glacis pourra se briser et ce sont alors de gros morceaux de roche, aussi dure que le tungstène qui causeront d'autres dommages. Sans aller peut-être jusqu'à l'extinction des réacteurs, le jeu n'en vaut pas la chandelle. Il faut bien garder à l'esprit que ce faible point de fusion des particules est typique des cendres volcaniques. Dans des régions du globe où l'atmosphère est particulièrement chargée en poussières (régions désertiques) on ne rencontre pas ce genre de problème. Mais vous allez me dire : les dommages causés sont sûrement fonction de la quantité de particules dans le panache et après 48 heures elle doit être faible. C'est vrai. Supposons que cette concentration soit d'un gramme par mètre cube de nuage volcanique. C'est peu, n'est-ce pas ? Et bien calculez vous-même.

En volant dans un tel milieu chaque réacteur d'un B747 ingèrera 70 kilos de cendres par minute. Assez avec les cendres.

Penchons-nous sur les aérosols. Les aérosols solides et liquides sont le résultat de la condensation et du refroidissement des gaz éruptifs à hautes températures. Un modèle mathématique de refroidissement des gaz volcaniques a été conçu par François Le Guern dont j'ai déjà parlé. Il montre que, par exemple, le gaz sulfureux SH<sub>2</sub> est oxydé et transformé pour former du soufre élémentaire à l'état solide. Ceci pourrait présenter un intérêt dans notre démarche d'estimation du danger des composants persistants dans les panaches. Vingt-huit semaines après l'éruption du volcan El Chichon en 1982 les aérosols sulfuriques (d'une taille d'un dixième de micron) présents dans la Stratosphère étaient estimés à 8 millions de tonnes, avec une concentration de 0,4 gramme par mètre cube.

Ma mention du soufre solide et de l'acide sulfurique est liée aux prises statiques et aux pare brises.

### Les systèmes Pitot

Ils sont connectés, comme vous le savez à des instruments qui indiquent la vitesse indiquée, IAS, le vario et l'altitude. Les têtes de prises statiques sont très sensibles à la moindre distorsion de l'écoulement de l'air. Il est fort concevable qu'un faible dépôt de soufre ou de poussière, sans parler de colmatage, altère la lecture de ces trois paramètres au cockpit. Pour le pilote, que penser d'un EGT correct, d'un RPM correct et d'un IAS aberrant ? Et que dire d'une indication d'altitude erronée dans une région à forte densité de trafic ?

### Les pare brises

Ils sont agressés par la combinaison de l'action chimique des aérosols d'acide sulfurique et de l'action mécanique de l'impact des cendres. Au cours du seul mois d'avril 1983 J.A.L. avait dû changer 42 panneaux

frontaux et pour la période 1983-1984 ceci leur avait coûté 6,8 millions de dollars, pour les pièces seulement. Quand on parle de remplacement de pare brises, il ne s'agit pas de vitres complètement opacifiées comme ce fut le cas du Speedbird 9 de British Airways en 1982. Non, mais pour la majorité des compagnies aériennes, un pare-brise abîmé doit être changé.

### Enfin un mot sur la réglementation concernant l'information des avions en vol

Il est établi que les radars de bord ne détectent pas les panaches dont les cendres sont trop petites pour réfléchir un écho. De même, en VMC les pilotes ne peuvent pas identifier un panache de quelques heures qui très vite ressemble à un altostratus ou un cirrostratus. C'est pourquoi l'OACI insiste pour que les NOTAMS et des SIGMETS soient établis et transmis sans délais aux avions en vol. Et pas plus dans l'Annexe 3 que nulle part ailleurs est-il dit que ceci doit cesser 48 heures après la fin de l'éruption. Dans leur grande sagesse, les organisations internationales telles que l'OACI, l'IATA et l'IFALPA reconnaissent l'intérêt de procédures régionales mais je ne pense pas que les transporteurs internationaux volant en espace géré par la FAA accepteraient une déviation des provisions réglementaires dans ce domaine.

De toutes façons, la décision d'éviter ou de pénétrer un panache vieux de 48 heures doit demeurer la prérogative du pilote et non de l'ATC. Quand le Mont Redoubt a fait éruption en décembre 1989, Alaska Airlines ont continué à desservir Anchorage parce qu'ils estimaient avoir suffisamment d'information sur la localisation des panaches pour les éviter et non parce qu'ils avaient décidé de les ignorer.

### Et maintenant un mot sur la prévision

Depuis 1990, volcanologues et météorologues se sont rapprochés à l'occasion de l'éruption du Mont Redoubt. En supposant que l'éruption ait lieu à des heures synoptiques on peut prévoir la direction et la vitesse de déplacement du panache en fonction de son niveau culminant.

En France, le Service Central d'Exploitation de la Météorologie (aujourd'hui Direction de la production) a développé un modèle "MEDIA" (Modèle Eulerien de Dispersion Atmosphérique) qui a été appliqué avec succès aux incidents de Tchernobyl et aux incendies du Koweït. Il était espéré que l'on puisse l'appliquer à la dilution des panaches volcaniques. Ce n'est pas encore possible car le modèle n'est pas suffisamment fiable aux niveaux stratosphériques et il ne doit pas y avoir d'interaction entre le polluant et le milieu environnant.

### En conclusion

Si l'on n'est pas très sûr de la nocivité d'un panache de 48 heures, pourquoi ne pas considérer 60 heures par exemple ? Ce n'est pas le thème de notre séminaire. Pour ma part, au vu de ce que nous savons et plus encore de ce que nous ne savons pas, je n'envverrais pas un avion dans un tel panache même si ma belle-mère était à bord.

• M. Reddan •