



Rapport final du Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation

concernant l'accident

de l'avion Cessna CE 560 Citation V, HB-VLV

exploité par la compagnie Eagle Air Ltd. Aircharter + Taxi

survenu le 20 décembre 2001

à l'aéroport de Zurich-Kloten

Ce rapport sert uniquement à la prévention des accidents. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances de l'accident (art. 24 de la loi fédérale sur l'aviation).

La version de référence de ce rapport est rédigée en langue allemande.

Table des matières

Bref exposé des faits	7
Enquête	8
1 Renseignements de base	9
1.1 Déroulement du vol	9
1.1.1 Faits antérieurs	9
1.1.1.1 Avion	9
1.1.1.2 Equipage	9
1.1.1.2.1 Commandant	9
1.1.1.2.2 Copilote	9
1.1.2 Déroulement du vol	10
1.1.2.1 Vol East Midlands – Zurich	10
1.1.2.2 Vol Zurich – Bern-Belp	10
1.2 Tués et blessés	12
1.3 Dommages à l'aéronef	12
1.4 Autres dommages	12
1.5 Renseignements sur le personnel	12
1.5.1 Commandant	12
1.5.1.1 Formation professionnelle et situation sociale	14
1.5.1.2 Formation et activités aéronautiques	14
1.5.1.3 Cours de transition sur Cessna Citation Série 500/550/560	15
1.5.1.4 Personnalité	15
1.5.2 Copilote	16
1.5.2.1 Formation professionnelle et situation sociale	17
1.5.2.2 Formation et activités aéronautiques	17
1.5.2.3 Cours de transition sur Cessna Citation Série 500/550/560	18
1.5.2.4 Personnalité	18
1.5.3 Contrôleur de la circulation aérienne A	19
1.5.4 Contrôleur de la circulation aérienne B	19
1.5.5 Contrôleur de la circulation aérienne C	19
1.6 Renseignements sur l'aéronef	19
1.6.1 Avion HB-VLV	19
1.6.1.1 Généralités	19
1.6.1.2 Réacteur N° 1 (gauche)	20
1.6.1.3 Réacteur N° 2 (droite)	21
1.6.1.4 Aides à la navigation et instruments	21
1.6.1.5 Equipement de communications	21
1.6.2 Masse et centrage	22
1.6.2.1 Masse et centrage du vol EAB 220 d'East Midlands à Zurich	22
1.6.2.2 Masse et centrage du vol EAB 220	22
1.6.3 Commandes de vol	23
1.6.3.1 Commandes principales	23
1.6.3.1.1 Gouvernes de profondeur et de direction	23
1.6.3.1.2 Ailerons	23
1.6.3.2 Commandes secondaires	23
1.6.3.2.1 Position des volets	24
1.6.3.2.2 Compensateur de profondeur	24
1.6.3.2.3 Compensateur de direction	24
1.6.3.2.4 Compensateur de roulis	24
1.6.4 Train d'atterrissage	25
1.6.5 Aérofreins	25
1.6.6 Réacteurs	25

1.6.6.1	Contrôle visuel	25
1.6.6.2	Accélération des réacteurs	25
1.6.7	Instruments	26
1.6.7.1	Généralités	26
1.6.7.2	Horizons artificiels (indicateurs d'attitude)	26
1.6.7.3	Horizon de secours	27
1.6.7.4	Indicateur de situation horizontale (HSI)	27
1.6.7.5	Système de navigation VHF	27
1.6.7.6	Dispositif de mesure de distance (DME)	28
1.6.7.7	Système de gestion de la navigation (NMS)	28
1.6.8	Système avertisseur de proximité du sol (GPWS)	29
1.6.9	Entretien de l'avion	29
1.6.10	Modifications apportées à l'avion	30
1.6.10.1	Prise d'angle d'incidence	30
1.6.10.2	Avionique	30
1.6.10.3	Entrée des nacelles réacteur	31
1.6.11	Etat des instruments relevés dans l'épave	31
1.6.11.1	Généralités	31
1.6.11.2	Boîtier de visualisation	31
1.6.11.3	Indicateur de situation horizontale du copilote	31
1.6.11.4	Navigation VHF – boîtier de commande NAV de gauche (#1)	31
1.6.11.5	Navigation VHF – boîtier de commande NAV de droite (#2)	32
1.6.11.6	Indicateur DME	32
1.6.11.7	Indicateur radiomagnétique du copilote (#2)	32
1.6.11.8	Indicateur radiomagnétique du commandant (#1)	32
1.6.11.9	Feux extérieurs	32
1.6.11.10	Système de gestion de la navigation (NMS)	32
1.7	Conditions météorologiques	33
1.7.1	Résumé	33
1.7.2	Situation générale	33
1.7.3	Conditions à l'aéroport de Zurich	33
1.7.3.1	Déroulement de la journée	33
1.7.3.2	Profil météorologique à 19:50 UTC	33
1.7.3.3	Profil météorologique à 20:20 UTC	34
1.7.3.4	Profil météorologique à 20:50 UTC	34
1.7.3.5	Conditions météorologiques au moment de l'accident (21:07 UTC)	35
1.7.3.6	Formation de glace sur l'avion avant le décollage de Zurich	35
1.7.3.6.1	Teneur de l'air en eau au moment de l'accident	35
1.7.3.6.2	Formation de brouillard dans la région de l'aéroport	35
1.7.3.6.3	Caractéristiques du brouillard	36
1.7.3.6.4	Effets sur l'avion	36
1.7.3.6.5	Constatations rapportées par des pilotes concernant la formation de glace avant l'atterrissage vers 19:30 UTC	36
1.7.3.6.6	Déclarations des équipages	36
1.7.3.7	Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR)	37
1.7.4	Informations météorologiques diffusées	37
1.7.4.1	Service automatique d'information de région terminale (ATIS)	37
1.7.5	Portée visuelle de piste et visibilité au sol	39
1.7.5.1	Portée visuelle de piste	39
1.7.5.2	Visibilité au sol	40
1.7.5.3	Relation entre visibilité au sol et portée visuelle de piste	40
1.7.5.4	Emplacements des transmissiomètres de l'aéroport de Zurich	40
1.7.5.5	Evolution des valeurs RVR le long de la piste 16/34 le soir de l'accident	40
1.8	Aides à la navigation	42
1.8.1	Restrictions générales	42
1.8.2	Aides à la navigation pour le SID «Willisau 3N»	42

1.8.3	Autres aides à la navigation _____	43
1.9	Télécommunications _____	43
1.9.1	Organes de contrôle de la circulation aérienne impliqués _____	43
1.9.1.1	Généralités _____	43
1.9.1.2	Plan d'affectation du personnel dans la tour de contrôle d'aérodrome _____	43
1.9.2	Enregistrement des conversations _____	44
1.9.3	Installations de communication _____	44
1.10	Renseignements sur l'aéroport _____	44
1.10.1	Généralités _____	44
1.10.2	Equipements des pistes _____	44
1.10.3	Règlement d'exploitation _____	45
1.10.4	Service de sauvetage et service du feu _____	46
1.11	Enregistreurs de bord _____	46
1.11.1	Enregistreur numérique des données de vol (DFDR) _____	46
1.11.1.1	Descriptif technique _____	46
1.11.1.2	Entretien et surveillance _____	47
1.11.1.3	Faits établis _____	47
1.11.2	Enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) _____	47
1.11.2.1	Descriptif technique _____	47
1.11.2.2	Entretien _____	48
1.11.2.3	Contrôle du fonctionnement par l'équipage _____	48
1.11.2.4	Faits établis _____	48
1.12	Renseignements sur l'impact et sur l'épave _____	48
1.12.1	Impact _____	48
1.12.2	Champ de débris _____	49
1.13	Renseignements médicaux et pathologiques _____	49
1.13.1	Commandant _____	49
1.13.1.1	Anamnèse et résultats des examens médicaux _____	49
1.13.1.2	Résultats des examens médico-légaux _____	49
1.13.2	Copilote _____	50
1.13.2.1	Anamnèse et résultats des examens médicaux _____	50
1.13.2.2	Résultats des examens médico-légaux _____	50
1.14	Incendie _____	50
1.15	Questions relatives à la survie des occupants _____	50
1.15.1	Chances de survivre à l'accident _____	50
1.15.2	Alarme et sauvetage _____	50
1.16	Essais et recherches _____	51
1.16.1	Analyse des traces _____	51
1.16.2	Décrochage dû au givrage _____	51
1.16.3	Examen du boîtier de commande et de visualisation GNS-XLS _____	51
1.16.4	Examen des boîtiers de commande VHF NAV et VHF COM _____	51
1.17	Renseignements sur les organismes et la gestion _____	52
1.17.1	Entreprise de transport aérien _____	52
1.17.1.1	Généralités _____	52
1.17.1.2	Autorisation d'exploitation basée sur le manuel d'exploitation (FOM) selon l'ORE I _____	52
1.17.1.3	Certificat d'exploitant aérien (AOC) selon JAR-OPS 1 _____	52
1.17.1.4	Structure de l'entreprise _____	52
1.17.1.5	Procédure de sélection des pilotes _____	53
1.17.1.6	Ambiance de travail _____	53
1.17.1.7	Directives d'exploitation – FOM _____	54
1.17.1.8	Directive interne concernant le dégivrage _____	55
1.17.1.9	Directives d'exploitation du Cessna CE 560 Citation V _____	56

1.17.1.9.1 Feux anticollision	56
1.17.1.9.2 Régime de ralenti au sol	56
1.17.1.9.3 Procédure de décollage du Cessna 560	57
1.17.1.9.4 Dégivrage au sol et opérations anti-givrage	57
1.17.2 Entretien d'entretien	60
1.17.3 Autorité de surveillance	60
1.17.3.1 Généralités	60
1.17.3.2 Structure	61
1.17.3.3 Introduction des JAR-OPS 1 en Suisse	61
1.17.3.4 Introduction des JAR-OPS 1 dans l'entreprise Eagle Air Ltd.	62
1.17.4 Service de la navigation aérienne	62
1.17.4.1 Contrôle d'aérodrome	62
1.17.4.2 Affectation du personnel	62
1.17.4.3 Exploitation tous temps et procédure par mauvaise visibilité	62
1.17.4.4 Communication des RVR	63
1.17.5 Flughafen Zürich AG (Unique)	63
1.17.5.1 Généralités	63
1.17.5.2 Service de gestion d'aire de trafic (apron control)	64
1.17.6 Restrictions d'utilisation à l'aéroport de Bern-Belp	64
1.18 Renseignements supplémentaires	64
1.18.1 Décollage dans des conditions météorologiques de vol aux instruments	64
1.18.1.1 Généralités	64
1.18.1.2 Décollage aux instruments dans la formation de base IFR	65
1.18.1.2.1 Généralités	65
1.18.1.2.2 Commandant	65
1.18.1.2.3 Copilote	65
1.18.2 Procédures de vol aux instruments à Zurich	65
1.18.2.1 Généralités	65
1.18.2.2 Portée visuelle minimale pour les décollages IMC	65
1.18.2.3 Départ normalisé aux instruments «Willisau 3N»	66
1.18.2.4 Procédure d'exploitation à moindre bruit	66
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces	66
1.19.1 Recours à une simulation numérique	66
2 Analyse	68
2.1 Aspects techniques	68
2.1.1 Contrôle de l'avion - volets	68
2.1.2 Enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR)	68
2.1.3 Navigabilité	68
2.2 Aspects humains et opérationnels	69
2.2.1 Situation initiale	69
2.2.2 Le modèle «SHEL»	69
2.2.3 Commandant (L)	70
2.2.3.1 Attitude pendant le vol EAB 220	70
2.2.3.2 Aspects psychologiques	72
2.2.3.3 Aspects physiologiques	72
2.2.4 Copilote (L)	72
2.2.4.1 Attitude pendant le vol EAB 220	72
2.2.4.2 Aspects psychologiques	74
2.2.4.3 Aspects physiologiques	74
2.2.5 Interactions entre le commandant et le copilote (L-L)	75
2.2.6 Interactions entre l'équipage et l'avion (L-H)	76
2.2.6.1 Généralités	76
2.2.6.2 Possibilités d'utilisation des instruments de vol	76
2.2.6.3 Utilisation des équipements de navigation	76

2.2.6.4	Utilisation de l'horizon artificiel	77
2.2.6.5	Dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS)	78
2.2.7	Attitude de l'équipage vis-à-vis des procédures (L-S)	78
2.2.7.1	Généralités	78
2.2.7.2	Directives d'exploitation	78
2.2.7.3	Procédures de départ	79
2.2.7.4	Décollage par mauvaise visibilité	80
2.2.8	Influence des facteurs extérieurs sur l'équipage (L-E)	81
2.2.8.1	Généralités	81
2.2.8.2	Givrage de l'avion durant son stationnement	81
2.2.8.2.1	Givrage de l'avion	81
2.2.8.2.2	Préparation du départ	81
2.2.8.3	Aspects physiologiques du vol en IMC	81
2.2.8.4	Service de la navigation aérienne	83
2.2.8.4.1	Procédures d'arrivée et de départ	83
2.2.8.4.2	Restrictions d'utilisation de l'aéroport de Bern-Belp	83
2.2.8.4.3	Gestion du vol EAB 220	84
2.2.8.4.4	Procédures d'exploitation en cas de mauvaise visibilité	85
2.2.8.5	Entreprise de transport aérien	85
3	Conclusions	87
3.1	Faits établis	87
3.1.1	Aspects techniques	87
3.1.2	Equipage	87
3.1.3	Déroulement du vol	88
3.1.4	Cadre général	88
3.2	Causes	89
4	Recommandations de sécurité et mesures adoptées pour améliorer la sécurité aérienne	90
4.1	Recommandations de sécurité	90
4.1.1	Licences d'exploitation des entreprises suisses de transport aérien selon les Codes communs de l'aviation (JAR)	90
4.1.1.1	Déficit de sécurité	90
4.1.1.2	Recommandation de sécurité No. 327	90
4.1.2	Instruments nécessaires dans le poste de pilotage pour garantir une exploitation efficace en équipage double	90
4.1.2.1	Déficit de sécurité	90
4.1.2.2	Recommandation de sécurité No. 328	90
	Glossaire	91
5	Annexes	96
5.1	Comparaison EADI et AI, échelle 1:1	96
5.2	Cessna CE 560 Citation V - profil de décollage normal	97
5.3	Application des procédures par mauvaise visibilité à Zurich	98
5.4	Standard Instrument Departure „Willisau 3N“	99
5.5	Représentation graphique des enregistrements DFDR	100
5.6	Attitude de l'avion au moment de l'impact	101
5.7	Site de l'accident	102

Conformément à l'annexe 13 de la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI, Annexe 13), l'enquête sur un accident ou un incident a pour seul objectif la prévention de futurs accidents ou incidents. Cette activité ne vise nullement à la détermination des fautes ou des responsabilités.

Rapport final

Exploitant:	Eagle Air Ltd. Aircharter + Taxi Belp, Aéroport de Bern-Belp, CH-3123 Belp
Type d'aéronef et modèle:	Cessna CE 560 Citation V
Nationalité:	Suisse
Marque d'immatriculation:	HB-VLV
Propriétaire:	Eagle Air Ltd. Aircharter + Taxi Belp, Aéroport de Bern-Belp, CH-3123 Belp
Lieu de l'accident:	Aéroport de Zurich-Kloten
	Coordonnées du premier impact sur le sol:
	Coordonnées suisses: 683 150 / 258 650
	Latitude: N 47° 28' 24"
	Longitude: E 008° 32' 28"
	Altitude: 425 m AMSL 1395 ft AMSL
	Coordonnées moyennes de l'épave:
	Coordonnées suisses: 683 100 / 259 200
	Latitude: N 47° 28' 41"
	Longitude: E 008° 32' 27"
	Altitude: 425 m AMSL 1395 ft AMSL
Date et heure de l'accident:	20 décembre 2001, 21:07 UTC

Synopsis

Bref exposé des faits

Le 20 décembre 2001, l'avion Cessna CE 560 Citation V de la compagnie Eagle Air Ltd. immatriculé HB-VLV et opérant sous le numéro de vol EAB 220 a décollé de la piste 34 de l'aéroport de Zurich-Kloten à 21:06 UTC pour un vol de convoyage à destination de Bern-Belp. Des bancs de brouillard s'étaient formés dans la région de l'aéroport et la température de l'air était de -9° C. Peu après le décollage, l'appareil a commencé à perdre de l'altitude, s'est écrasé à proximité des pistes, a pris feu et a glissé sur le sol gelé pour venir s'immobiliser sur la piste 14 avoisinante. Les deux pilotes sont décédés dans l'accident. L'avion a été détruit.

Enquête

Le Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation (BEAA) a constitué une équipe chargée d'enquêter sur un accident d'aviation à caractère catastrophique impliquant un grand avion.

Le copilote de l'avion accidenté travaillait accessoirement pour le BEAA. Pour cette raison, le volet de l'enquête consacré aux aspects humains et à certains aspects de l'organisation du travail a été confié au bureau allemand d'enquête sur les accidents d'aviation (Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, BFU-D) à Braunschweig. Cette mesure a été prise pour garantir une enquête et une analyse impartiales. Les citations du BFU-D sont encadrées.

Conformément à l'annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, les Etats de conception et de construction de l'aéronef peuvent demander à être représentés dans le groupe d'enquête. Cette possibilité n'a pas été exploitée.

L'accident du HB-VLV est dû au fait que l'équipage n'a pas poursuivi le vol de montée après le décollage. Ensuite, l'avion est passé en vol de descente et a heurté le sol.

L'enquête a établi les facteurs de causalité suivants:

- Selon toute vraisemblance, l'équipage a perdu le sens de l'orientation spatiale après le décollage et entraîné involontairement l'avion dans un vol de descente.

Les facteurs suivants ont joué un rôle dans l'accident ou l'ont rendu possible:

- Dans le cadre de sa formation de base pour le vol aux instruments, le copilote n'a pas été instruit pour le décollage aux instruments de nuit.
- L'empressement a nuit à la méthode de travail au sein de l'équipage.
- Le choix de réaliser un décollage en roulant n'était pas adéquat, vu les conditions météorologiques du moment.
- L'avion n'était doté d'aucun système déclencheur d'alarme en cas de descente inopinée après le décollage (GPWS).
- L'instrumentation du côté copilote n'était pas optimale.

1 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Faits antérieurs

1.1.1.1 Avion

Vols effectués par l'avion HB-VLV juste avant l'accident:

Date	N° de vol	Départ de	à (UTC)	Arrivée à	à (UTC)
18.12.01	EAB 218	Bern-Belp	18:05	Zurich	18:24
18.12.01	EAB 218	Zurich	19:53	East Midlands	21:28
19.12.01	EAB 219	East Midlands	12:05	Biggin Hill	12:34
20.12.01	EAB 220	Biggin Hill	13:05	East Midlands	13:41
20.12.01	EAB 220	East Midlands	17:56	Zurich	19:31

Aucun registre technique n'ayant été trouvé dans le cadre de l'enquête, il n'est pas possible de commenter d'éventuelles notifications techniques concernant ces vols.

1.1.1.2 Equipage

1.1.1.2.1 Commandant

Le commandant a commencé la journée de travail du 18 décembre 2001 avec un autre copilote aux alentours de 15:00 UTC sur le Cessna Citation II de la compagnie Eagle Air Ltd. immatriculé HB-VKP, avec lequel il a effectué le trajet Stockholm (S) – Biggin Hill (GB). Aucun service de vol n'était prévu pour le commandant le 19 décembre.

Il a repris le service le 20 décembre 2001 à 11:50 UTC, après une période de repos de 35 h et 50 min, à Biggin Hill. Il a pris en charge l'avion HB-VLV avec le copilote pour un vol de convoyage vers East Midlands (GB) où l'attendaient les passagers du vol EAB 220 à destination de Zurich.

1.1.1.2.2 Copilote

Le 18 décembre 2001 le copilote a réalisé les trajets Bern-Belp – Zurich et Zurich – East Midlands sur l'appareil HB-VLV. Le directeur de la compagnie Eagle Air Ltd. était le commandant pour ces vols.

Le 19 décembre, les deux pilotes ont volé ensemble d'East Midlands à Biggin Hill où le copilote a achevé son service de vol à 13:10 UTC, après une période de service de vol de 3 h et 10 min. A Biggin Hill, le directeur a changé d'avion et est retourné à Bern-Belp via Genève avec un autre copilote, sur l'appareil HB-VKP.

Le copilote a repris le service le 20 décembre 2001 à 11:50 UTC à Biggin Hill, après une période de repos de 22 h et 40 min, pour un vol de convoyage vers East Midlands avec le commandant de l'avion accidenté.

1.1.2 Déroutement du vol

1.1.2.1 Vol East Midlands – Zurich

Le 20 décembre 2001 à 17:56 UTC, après un vol de convoyage de Biggin Hill à East Midlands, l'appareil de la compagnie Eagle Air Ltd. immatriculé HB-VLV opérant sous le numéro de vol EAB 220 a décollé pour un vol commercial à destination de Zurich avec huit passagers à bord, tous employés de l'entreprise qui avait affrété le vol. La quantité nécessaire embarquée de carburant (*minimum block fuel*) conformément au plan de vol était de 3778 lbs. Le Cessna CE 560 Citation V avait été avitaillé de 2280 litres de kérosène, ce qui portait la quantité effective de carburant (*actual block fuel*) à 5600 lbs. Le supplément de carburant embarqué devait permettre à l'équipage de gagner du temps à Zurich, le dispensant de faire un avitaillement de kérosène avant le vol de convoyage vers Bern-Belp. Cela évitait aussi l'achat de carburant non-dédouané en Suisse (*economical tankage*).

Conformément au devis de masse et centrage, la masse de carburant calculée au décollage était de 5400 lbs. La masse maximale admissible au décollage étant ainsi dépassée, l'équipage a procédé à un changement fictif de dernière minute en réduisant à sept le nombre de passagers figurant sur le devis de masse. Comme l'a montré l'enquête, les huit passagers ont pourtant bien voyagé ensemble sur ce vol. En tout état de cause, la masse maximale admissible au décollage aurait été dépassée même si cette réduction avait été réelle.

L'avion a atterri à Zurich à 19:31 UTC sur la piste 14, puis a roulé jusqu'à l'aire de stationnement GAC Secteur 1 où les passagers ont débarqué. Pour diverses raisons, l'appareil HB-VLV devait être ramené le soir même à Bern-Belp.

Initialement, le plan de vol de Zurich à Bern-Belp prévoyait le décollage à 19:30 UTC. La quantité nécessaire embarquée de carburant (*minimum block fuel*) pour ce vol était de 2002 lbs et la quantité effective de carburant (*actual block fuel*) s'élevait à 3100 lbs.

Aucune indication ne permet de déterminer dans quelle mesure l'inspection extérieure de l'avion a eu lieu. Il n'a pas été possible d'établir avec certitude si l'équipage avait demandé les dernières informations météorologiques.

Le décollage a été retardé en raison des conditions météorologiques difficiles et des restrictions d'utilisation de la piste.

1.1.2.2 Vol Zurich – Bern-Belp

L'équipage du vol EAB 220 s'annonce pour la première fois auprès du service „Prévol“ (CLD) à 19:43:49 UTC pour s'enquêter du dépôt de son plan de vol pour Bern-Belp. Après avoir répondu par l'affirmative, le contrôleur de la circulation aérienne (CCA) indique à l'équipage qu'il a besoin d'une autorisation pour l'atterrissage à Bern-Belp.

Un peu plus tard, après vérification de cette autorisation, l'équipage EAB 220 s'annonce une nouvelle fois. CLD informe alors les pilotes qu'ils décolleront de la piste 34 et qu'ils devront tabler sur un retard, les décollages et les atterrissages étant regroupés. Il les assure que leur avion fera partie du prochain groupe de départs et leur indique une heure approximative de décollage prévue pour 20:30 UTC.

Lorsque l'équipage reprend contact à 20:13:49 UTC, CLD lui indique que le décollage est planifié environ 45 min plus tard.

La détérioration progressive des conditions de visibilité due à un brouillard de plus en plus dense contraint le service de la navigation aérienne à augmenter la séparation entre les avions en phase d'approche. De ce fait, l'heure de décollage approximative du vol EAB 220 est reportée à environ 21:00 UTC.

CLD communique à 20:24:38 UTC l'autorisation de départ à l'équipage EAB 220 en lui assignant le départ normalisé aux instruments (SID) «WILLISAU 3N» et le code transpondeur 1403. A ce moment, l'heure approximative de décollage est estimée à 21:07 UTC.

Suite à la demande du directeur de la compagnie Eagle Air Ltd., une autorisation spéciale est obtenue pour un atterrissage tardif à Bern-Belp, c'est-à-dire après 21:00 UTC, avec un créneau expirant à 21:30 UTC au plus tard. Le décollage de Zurich ayant été sans cesse repoussé, l'équipage est mis de plus en plus sous pression. Il a plusieurs contacts téléphoniques avec le directeur de l'entreprise, qui à ce moment-là exerce la fonction de coordinateur des opérations. Pour assurer l'arrivée du vol EAB 220 à Bern-Belp à 21:30 UTC au plus tard, ce dernier téléphone également au chef de quart de la tour de contrôle de Zurich et exige à nouveau avec insistance d'avancer le départ.

Après la prise de contact avec le contrôle de l'aire de trafic, l'équipage EAB 220 reçoit l'autorisation de mise en route à 20:43:50 UTC. Un directeur de l'aéroport remarque alors que le moteur droit du HB-VLV est en marche, avec toutefois un seul pilote présent dans le poste de pilotage, assis en place droite. L'autre membre d'équipage, vraisemblablement le commandant, est occupé à racler des dépôts de glace bien visibles sur l'aile gauche. Par la suite, ce témoin oculaire observera peu avant le roulage que ce membre d'équipage s'installa en place à gauche dans le cockpit.

Comme les pilotes insistent pour quitter le plus rapidement possible leur aire de stationnement du GAC Secteur 1, l'autorisation de rouler jusqu'au point d'attente de la piste 28 leur est donnée à peine 2 min plus tard.

A cet endroit, ils doivent attendre le passage d'un Saab 2000 venant en sens inverse. Puis le contrôleur de l'aire de trafic (CAT) autorise l'équipage EAB 220 à poursuivre le roulage jusqu'au point d'attente de la piste 34, en passant par les voies de circulation ALPHA, INNER et ECHO.

Une minute plus tard, l'équipage demande au CAT de répéter l'autorisation: «*Swiss Eagle 220, sorry for that, can you say the clearance again?*». L'éventualité que le HB-VLV manque alors la bifurcation vers la voie de circulation INNER reste ouverte. Cependant, le fait est que peu après le CAT intervient comme suit: «*220, continue on taxiway INNER, INNER, and then ECHO to Holding Point 34, Echo 9*».

L'équipage du vol EAB 220 prend contact avec le contrôle d'aérodrome (ADC) à 20:56:50 UTC et lui annonce que l'appareil se trouve sur la voie de circulation Echo 9, peu avant le début de la piste 34. Le contrôleur de la circulation aérienne (CCA) ordonne à l'équipage d'attendre devant la piste 34 car des atterrissages ont encore lieu dans la direction opposée, c'est-à-dire sur la piste 16. A 21:04:51 UTC, l'équipage reçoit l'autorisation de s'aligner sur la piste 34.

L'équipage¹ s'engage sur la piste 34 et sans s'arrêter, après avoir reçu l'autorisation de décollage à 21:05:54 UTC, initie le départ en augmentant la puissance vers la poussée

¹ Divers éléments concordant permettent de déduire qu'à partir de cet instant, le commandant est pilote non en fonction (PNF) et le copilote pilote en fonction (PF) (cf. ch. 1.11.2.3 et 2.2.1). Les conversations de l'équipage n'ont pas été enregistrées en raison d'un dysfonctionnement de l'enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR).

de décollage (*rolling take-off*). La visibilité au sol est alors de 100 m en raison de bancs de brouillard étendus.

Durant la phase d'accélération, l'avion dévie pendant quelques secondes sur la piste car le réacteur gauche atteint une poussée de 102 % en 6 s, alors que celui de droite n'atteint que 58 %. Pour cette raison, l'appareil dévie de 10° à droite. L'équipage ne peut ramener l'avion dans l'axe de piste qu'avec une correction franche sur la roue de pouce et en réduisant sensiblement la poussée du réacteur gauche. La puissance des deux réacteurs est ensuite synchronisée et le décollage se poursuit.

Le vol EAB 220 décolle de la piste 34 à 21:06:40 UTC. Juste après l'envol, le commandant confirme le changement de fréquence pour le contrôle d'approche. Pratiquement au même instant, plusieurs pompiers de l'aéroport se trouvant devant et à l'intérieur du satellite Nord du corps des sapeurs-pompiers, situé entre les pistes 34 et 32, perçoivent des bruits et la forme d'un avion volant à basse altitude. Immédiatement après s'ensuivent un bruit de choc et une lueur d'incendie.

A 21:07 UTC l'avion s'écrase sur le sol gelé, à 400 m au sud-est du bout de piste 34, puis glisse vers le nord en laissant derrière lui une trace jonchée de débris. La partie principale de l'appareil s'immobilise à 500 m du premier point d'impact, sur la piste 14/32. Quelques minutes après, les services de secours atteignent l'épave en feu.

Selon les données DFDR, le pilote automatique n'a jamais été enclenché pendant le vol.

1.2 Tués et blessés

Blessures	Membre d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	2	---	---
Graves	---	---	---
Légères/Aucune	---	---	---

1.3 Dommages à l'aéronef

Le cockpit, le fuselage avant, le fuselage central et les deux ailes ont été détruits sous l'effet du premier impact, des nombreux rebonds et de l'incendie intense qui s'est déclaré après le premier contact avec le sol. Le feu n'a épargné que le fuselage arrière, comprenant l'empennage et les deux réacteurs, qui s'est détaché de l'aéronef lors du premier impact.

1.4 Autres dommages

L'accident a provoqué de légers dommages aux infrastructures et au terrain de l'aéroport. Entre-temps, le site de l'accident a été régénéré.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Commandant

Données personnelles + sexe masculin, nationalité suisse, né en 1966

Temps de service d'équipage Période de service de vol
le 19.12.01: 00:00 h

	Période de repos: 35:50 h
	Début du service auprès d'Eagle Air Ltd. le jour de l'accident: 11:50 UTC
	Période de service de vol au moment de l'accident: 9:17 h
Licence	Licence de pilote de ligne <i>ATPL</i> (A) délivrée par l'Office fédéral de l'aviation civile, valable jusqu'au 30.06.2006
Qualifications	Radiotéléphonie internationale <i>RTI</i> (VFR/IFR) Vol de nuit <i>NIT</i> (A)
Qualifications à proroger	Avions monomoteurs à pistons <i>SE piston</i> Qualification de type C500/550/560 <i>PIC</i> Qualification de type Saab 2000 <i>PIC</i> Instructeur de vol <i>FI/T</i> (A)
Qualifications de vol aux instruments	SE piston, CAT I, valable jusqu'au 29.06.2002 C500/550/560 PIC, CAT I, valable jusqu'au 25.06.2002 Saab 2000 PIC, CAT I, valable jusqu'au 04.03.2002
Qualifications nationales/licences	Extension au vol de virtuosité <i>ACR</i> (A) Vol à voile <i>GLI</i>
Dernier contrôle de compétence	<i>Skill test</i> le 26.06.2001
Dernier contrôle en ligne	Conformément au <i>upgrading report</i> (form. OFAC 31.36): auprès d'Eagle Air Ltd. le 10.07.2001
Certificat médical d'aptitude	Dernier examen périodique le 30.06.2001, valable à partir du 30.06.2001
Expérience de vol	4761:18 h au total
sur avion à moteur	4738:18 h
sur planeur	23:00 h
comme commandant	2432:23 h
sur le modèle accidenté	250:42 h
au cours des 90 derniers jours	118:04 h
la veille de l'accident	0:00 h
le jour de l'accident	3:16 h
Début de la formation aéronautique	1988

1.5.1.1 Formation professionnelle et situation sociale

Texte original:

Nach einer Ausbildung zum Mechaniker übte der Kommandant zunächst eine selbständige Tätigkeit aus, bevor er in die Fliegerei wechselte.

Der Kommandant war verheiratet und Vater eines kleinen Kindes. Aufgrund der Berufstätigkeit beider Elternteile kam es zu familiären Belastungen, da er sehr häufig nicht zuhause war und die Kinderbetreuung einseitig zu Lasten seiner Ehefrau ging.

Traduction:

Après une formation de mécanicien, le commandant a d'abord exercé une activité indépendante, avant de s'orienter vers l'aviation.

Il était marié et père d'un enfant en bas âge. La situation familiale était parfois tendue: comme les deux parents étaient actifs professionnellement et que le père était souvent absent du domicile, la garde de l'enfant incombait principalement à la mère.

1.5.1.2 Formation et activités aéronautiques

Texte original:

Der Kommandant finanzierte seine Pilotenausbildung bis zu Erlangung der CPL und der Fluglehrerberechtigung für Motorflugzeuge selbst.

Nach erfolgreicher Aufnahme und dem Erwerb der ATPL beim Crossair Trainingscenter (April bis Juni 1995) flog er als Linienpilot auf der Saab 2000 bei der Firma Crossair AG. Nach drei Jahren wurde er zum Kommandanten befördert.

Er verliess das Unternehmen nach einem von ihm verursachten fliegerischen Zwischenfall: Bei einem Anflug auf Nizza hielt er sich nicht an die Verfahrensrichtlinien des Unternehmens, was zu einer unnötigen Gefährdung des Flugzeugs und der Passagiere führte. Als disziplinarische Massnahme wurde er in den Rang eines Copiloten zurückgestuft.

Am 31.08.2000 verliess er das Unternehmen nach insgesamt fünf Jahren Zugehörigkeit. Der Kommandant arbeitete für einige Monate auf Saab 2000 bei der Firma Europe Air Charter in Luxembourg. Bald darauf wurde er bei dem Flugbetriebsunternehmen Eagle Air Ltd. als Kommandant eingestellt.

Traduction:

Le commandant a financé sa formation de pilote lui-même jusqu'à l'obtention de la licence de pilote professionnel (CPL) et de la qualification d'instructeur de vol à moteur.

Après avoir passé avec succès la procédure d'admission chez Crossair SA, il a été formé au Crossair Training Center (d'avril à juin 1995) et y a obtenu sa licence de pilote de ligne (ATPL). Il a ensuite travaillé comme pilote de ligne sur Saab 2000 dans cette compagnie aérienne, où il a été promu au rang de commandant de bord trois ans plus tard.

Il a quitté l'entreprise suite à un incident de vol dont il a été la cause. Lors d'un vol d'approche sur l'aéroport de Nice, il ne s'est pas tenu aux règles de procédure de la compagnie et a ainsi inutilement mis en danger l'avion et les passagers. Il a été sanctionné par une mesure disciplinaire consistant à le rétrograder au rang de copilote.

Le commandant a quitté l'entreprise le 31 août 2000, après cinq années passées à son service. Il a ensuite volé pendant quelques mois sur Saab 2000 pour la compagnie Europe Air Charter à Luxembourg. Peu après, il a été engagé par l'entreprise de transport aérien Eagle Air Ltd. comme commandant.

1.5.1.3 Cours de transition sur Cessna Citation Série 500/550/560

Texte original:

Die Umschulung des Kommandanten auf die Cessna Citation erfolgte bei FlightSafety International in den USA. Während der Umschulung zeigte er keine praktisch-fliegerischen Schwächen, wurde aber für seine ungenügende Umsetzung des crew resource management (CRM)² kritisiert.

Traduction:

Le cours de transition sur le type Cessna Citation a eu lieu auprès de l'entreprise FlightSafety International, aux Etats-Unis. Durant cette formation le commandant n'a montré pratiquement aucune faiblesse dans la technique de pilotage, par contre il a été critiqué pour ne pas appliquer suffisamment les principes de la gestion des ressources de l'équipage³ (CRM).

1.5.1.4 Personnalité

Texte original:

Der Kommandant wurde als eine lebensbejahende Persönlichkeit beschrieben, der wahrzunehmende Aufgaben vorsichtig-gewissenhaft mit Ruhe und Disziplin ausführte. Er besass eine überdurchschnittliche Intelligenz und ein sehr ausgeprägtes Denkvermögen. Unter erhöhtem Anforderungsdruck zeigte er im Leistungsvermögen deutliche Schwankungen. Im Auftreten gab er sich sehr selbstsicher mit einer Tendenz zur Arroganz, er konnte aber auch sehr einfülsam und natürlich auftreten.

Seine bei Crossair gewonnene Erfahrung im Linienflugbetrieb ermöglichte ihm einen professionellen Arbeitsstil, der ihn, zusammen mit seiner angenehm sympathischen Art, bei den Copiloten des Flugbetriebsunternehmens beliebt machte. Er war für sie jederzeit ansprechbar und zeigte sich offen gegenüber Vorschlägen und Kritik. Seine ausgesprochene Gutmütigkeit führte dazu, dass er seinen Copiloten gelegentlich Freiheiten einräumte, die nicht immer den schriftlich festgehaltenen Verfahrensvorgaben des Flugbetriebs entsprachen. Obwohl seine Einstellung als teamorientiert beschrieben wird, zeigte er sporadische Schwächen im praktischen Führungsverhalten; unter bestimmten Bedingungen konnte er sehr selbstzentriert auftreten - er versuchte dann, alle anfallenden Aufgaben eigenständig auszuführen.

Traduction:

Le commandant a été décrit comme une personne optimiste, exécutant les tâches lui incombant prudemment et consciencieusement, dans le calme et la discipline. Il était doté d'une intelligence supérieure à la moyenne et d'une très bonne capacité d'analyse. Lorsqu'il était sous pression, ses prestations pouvait fluctuer très sensiblement. Il voulait se montrer sûr de lui, paraissait parfois même un peu arrogant, mais il savait aussi se montrer très sensible et naturel.

³ Le CRM (*crew resource management*) est une conception de la gestion des RH qui doit être appliquée par le commandant et qui vise à ce que tous les membres de l'équipage travaillent ensemble à la résolution des problèmes et à la prise de décisions optimales. Un comportement en contradiction avec cette conception serait par exemple le cas d'un commandant qui, au lieu d'intégrer les autres membres de l'équipage dans le processus de décision, agirait en solo dans une situation où il serait opportun de faire appel au soutien des autres.

Le commandant était apprécié des copilotes de l'entreprise de transport aérien pour son professionnalisme acquis dans le trafic de lignes chez Crossair et pour sa sympathie. Toujours disponible, il était ouvert aux propositions et à la critique. Bienveillant à l'égard des copilotes, il leur aménageait parfois une marge de manœuvre qui n'était pas forcément conforme aux règles de procédure écrites. Bien que son attitude puisse être qualifiée de globalement collégiale, il faisait sporadiquement preuve de faiblesse dans la conduite du personnel. Dans certaines conditions il pouvait en effet devenir excessivement centré sur lui-même et essayait alors d'exécuter toutes les tâches seul.

1.5.2 Copilote

Données personnelles	+ sexe masculin, nationalité suisse, né en 1964
Temps de service d'équipage	Début du service le 19.12.01: 10:00 UTC Fin du service le 19.12.01: 13:10 UTC Période de service de vol le 19.12.01: 3:10 h Période de repos: 22:40 h Début du service auprès d'Eagle Air Ltd. le jour de l'accident: 11:50 UTC Période de service de vol au moment de l'accident: 9:17 h
Licence	Licence de pilote professionnel <i>CPL</i> (A) délivrée par l'Office fédéral de l'aviation civile, valable jusqu'au 05.05.2005
Qualifications	Radiotéléphonie internationale <i>RTI</i> (VFR/IFR) Vol de nuit <i>NIT</i> (A)
Qualifications à proroger	Avions monomoteurs à pistons <i>SE piston</i> Avions multimoteurs à pistons <i>ME piston</i> Qualification de type C500/550/560 <i>COPI</i> Instructeur de vol <i>FI/T</i> (A)
Qualifications de vol aux instruments	SE piston, CAT I, valable jusqu'au 07.10.2002 ME piston, CAT I, valable jusqu'au 07.10.2002 C500/550/560 <i>COPI</i> , CAT I, valable jusqu'au 07.10.2002
Qualifications nationales/licences	Extension aux atterrissages en montagne <i>MOU</i> (A)
Dernier contrôle de compétence	TR (A) <i>proficiency check</i> le 06.09.2001 CR/TR (A) <i>proficiency check</i> IFR/VFR SPA/MEP le 29.09.2001
Dernier contrôle en ligne	Aucune information, les contrôles en ligne ne faisaient pas fait l'objet de procès-verbaux

Certificat médical d'aptitude	Dernier examen périodique le 31.10.2001, valable à partir du 18.11.2001	
Expérience de vol	1110:20	h au total
sur avion à moteur	1110:20	h
comme commandant	580:36	h
sur le modèle accidenté	401:50	h
au cours des 90 derniers jours	39:40	h
la veille de l'accident	00:40	h
le jour de l'accident	3:16	h
Début de la formation aéronautique	1994	

1.5.2.1 Formation professionnelle et situation sociale

Texte original:

Der Copilot fühlte sich schon als Jugendlicher von der Fliegerei angezogen und bewarb sich gegen Ende seiner Schulzeit für die Fliegerische Vorschulung, für die er abgelehnt wurde. Nach einer Lehre zum Automechaniker und nach bestandener Matura absolvierte er ein Jurastudium, welches er erfolgreich abschloss.

Der Copilot war verheiratet, seine Ehefrau unterstützte seine fliegerischen Ambitionen.

Traduction:

Le copilote s'est senti attiré par l'aviation dès sa jeunesse. Vers la fin de sa scolarité obligatoire il s'est inscrit à l'Instruction aéronautique préparatoire (IAP), mais sa candidature n'a pas été retenue. Il a d'abord fait un apprentissage de mécanicien automobile, puis il a obtenu une maturité qui lui a permis d'entreprendre des études de droit couronnées de succès.

Le copilote était marié. Son épouse soutenait ses ambitions aéronautiques.

1.5.2.2 Formation et activités aéronautiques

Texte original:

Der Copilot begann seine fliegerische Ausbildung ab Herbst 1994 auf einem Flugfeld in der Nähe des Wohnortes. Der Führerausweis für Privatpiloten wurde ihm am 16. August 1995 erteilt. In einer intensiven Weiterbildung erlangte er 1998 den Berufspilotenausweis (CPL) und die Instrumentenflugberechtigung (IR) auf mehrmotorigen Flugzeugen.

Der Copilot erlangte in der Folge weitere Berechtigungen und bestand auch die theoretische Prüfung für Linienpiloten (ATPL). Im Frühjahr 1999 wurde ihm eine fliegerische Teilzeitbeschäftigung bei der Firma Eagle Air Ltd. angeboten, für welche der Copilot ab dem 25. Mai 1999 die Umschulung auf Cessna Citation begann.

Für den Copiloten war die Fliegerei nicht die hauptberufliche Tätigkeit. Er nutzte alle Gelegenheiten zum Fliegen, die sich ihm boten, aber hauptberuflich leitete er als Anwalt eine eigene Kanzlei und war nebenberuflich auch für das BFU und das Bundesamt für Zivilluftfahrt als Sachverständiger tätig. Aufgrund der nebenberuflich ausgeübten Pilotentätigkeit entsprach sein fliegerischer Trainingsstand nicht dem eines hauptberuflich tätigen Piloten.

Traduction:

Le copilote a débuté sa formation aéronautique en automne 1994 sur un champ d'aviation proche de son domicile. Il a obtenu sa licence de pilote privé (PPL) le 16 août 1995. Grâce à un perfectionnement intensif, il a obtenu la licence de pilote professionnel (CPL) ainsi que la qualification de vol aux instruments (IR) sur avions multimoteurs en 1998.

Il a encore obtenu d'autres qualifications et a également réussi l'examen théorique de pilote de ligne (ATPL). Le copilote a ensuite reçu une offre de la compagnie Eagle Air Ltd. au printemps 1999 pour un poste de pilote à temps partiel. Il a commencé le cours de transition sur Cessna Citation le 25 mai 1999.

Le pilotage n'était pas l'activité professionnelle principale du copilote. Chaque fois qu'il lui était donné de piloter un avion il le faisait, mais sa profession principale était celle d'avocat qu'il exerçait dans sa propre étude. Parmi ses activités accessoires, il était également expert pour le BEAA et pour l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC). Comme il ne pilotait qu'accessoirement, son niveau d'entraînement aéronautique n'était pas équivalent à celui d'un pilote à plein temps.

1.5.2.3 Cours de transition sur Cessna Citation Série 500/550/560

Texte original:

Die Umschulung auf die Cessna Citation erfolgte bei FlightSafety International in Frankreich. Während der Umschulung zeigte der überwiegend in der Fliegerei nach Sichtflugregeln (VFR) gross gewordene Copilot Schwächen in den praktisch-fliegerischen Fertigkeiten bei alleiniger Referenz auf die Instrumente (IFR). Bedingt durch die Komplexität des Flugzeuges Citation bestand er die abschliessende Flugprüfung im Simulator nicht.

In der Schweiz wurde nochmals eine Ausbildung begonnen, die zu angemessenen Lernfortschritten führte. Sie wurde mit einem erfolgreichen und als „durchschnittlich“ beurteilten Prüfungsflug abgeschlossen. Einzelne Schwachstellen des Prüflings wurden im Instrumentenüberblick (scanning) und in der Führung des Flugzeugs um die Querachse (pitch) gesehen.

Traduction:

Le cours de transition sur le type Cessna Citation a eu lieu auprès de l'entreprise FlightSafety International, en France. Le copilote, qui avait été formé au pilotage essentiellement selon les règles de vol à vue (VFR), a présenté quelques faiblesses dans les aptitudes à piloter en se référant uniquement aux instruments (IFR). A cause de la complexité de l'avion, il n'a pas réussi l'examen de vol final en simulateur.

De retour en Suisse, il a repris une formation qui lui a permis de progresser. Cette formation a été couronnée de succès et s'est achevée sur un vol d'examen qualifié de «moyen». Quelques faiblesses avaient été relevées dans la vue d'ensemble des instruments (*scanning*) et dans le contrôle du tangage.

1.5.2.4 Personnalité

Texte original:

Der Copilot wurde als „starke Persönlichkeit“ beschrieben, der sich Herausforderungen stellte und diese selbstbewusst und dynamisch anpackte. Er wollte vieles gerne selbst machen. Seine ausgeprägte Intelligenz und sein schnelles Auffassungsvermögen verhalfen ihm zu vielen positiven beruflichen Erfahrungen. Er arbeitete konzentriert und zuverlässig, war aber auch ablenkbar. In einem Team war er es gewöhnt zu führen. Sein Auftreten war ohne Überheblichkeit. Kritik an seiner Person konnte er nur schwer annehmen.

Traduction:

Le copilote a été décrit comme une «forte personnalité» qui se fixait des objectifs et allait de l'avant avec assurance et dynamisme. Il voulait faire beaucoup de choses lui-même. Grâce à une grande intelligence et à une capacité d'analyse, il cumulait les succès professionnels. Il était concentré et fiable dans son travail, mais pouvait aussi se montrer distrait. Dans une équipe, il était habitué à diriger. Il n'était pas arrogant mais acceptait difficilement les critiques dirigées contre sa personne.

1.5.3 Contrôleur de la circulation aérienne A

Fonctions	Chef de quart et contrôleur sol (GRO)
Données personnelles	Nationalité suisse, né en 1947
Licence	Licence de contrôleur de la circulation aérienne délivrée par l'OFAC le 20.09.1971, renouvelée la dernière fois le 19.09.2001, valable jusqu'au 19.09.2002

1.5.4 Contrôleur de la circulation aérienne B

Fonctions	Service „Prévol“ (CLD)
Données personnelles	Nationalité danoise, né en 1963
Licence	Licence de contrôleur de la circulation aérienne délivrée par l'OFAC le 15.10.2000, renouvelée la dernière fois le 10.10.2001, valable jusqu'au 10.08.2002

1.5.5 Contrôleur de la circulation aérienne C

Fonctions	Contrôleur d'aérodrome (ADC)
Données personnelles	Nationalité suisse, né en 1970
Licence	Licence de contrôleur de la circulation aérienne délivrée par l'OFAC le 15.11.1996, renouvelée la dernière fois le 12.03.2001, valable jusqu'au 12.03.2002

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Avion HB-VLV

1.6.1.1 Généralités

Type d'avion	Cessna CE 560 Citation V
Constructeur	Cessna Aircraft Company, Wichita, Kansas, USA
Marque d'immatriculation	HB-VLV
Numéro de série	560-0077
Année de construction	1990

Masse maximale au décollage	16300 lbs (7393 kg)
Propriétaire	Eagle Air Ltd. Belp, Aéroport de Bern-Belp, CH-3123 Belp
Exploitant	Eagle Air Ltd. Belp, Aéroport de Bern-Belp, CH-3123 Belp
Certificat d'immatriculation	Délivré par l'OFAC le 09.04.1997
Certificat de navigabilité	N° 1 délivré par l'OFAC le 29.04.1997
Champ d'utilisation du certificat de navigabilité dans les activités non commerciales	N° 2 délivré par l'OFAC le 29.10.1998 VFR de jour VFR de nuit IFR CAT I B-RNAV (RNP 5) NAT MNPS Special Routes
Champ d'utilisation du certificat de navigabilité dans les activités commerciales	N° 2 délivré par l'OFAC le 08.08.2000 VFR de jour VFR de nuit IFR CAT I B-RNAV (RNP 5)
Equipage minimum	Deux pilotes
Heures de vol de la cellule	3559 h
Nombre de cycles de la cellule (att.)	3528
Réacteurs	2 réacteurs Pratt & Whitney Canada Inc. Modèle JT15D-5A
Date du dernier contrôle phase B (après 150 h)	12.09.2001
Heures de vol lors du dernier contrôle phase B	3448 h
Heures de vol depuis le dernier contrôle phase B	111 h
Envergure	15,91 m
Longueur	14,39 m
Hauteur	4,57 m
Poussée par réacteur	2900 lbs
1.6.1.2 Réacteur N° 1 (gauche)	
Numéro de série	PCE 108160
Durée d'utilisation depuis la fabrication	3559 h

Nombre de cycles depuis la fabrication	3528
Durée d'utilisation sur HB-VLV	3559 h
Nombre de cycles sur HB-VLV	3528

1.6.1.3 Réacteur N° 2 (droite)

Numéro de série	PCE 108157
Durée d'utilisation depuis la fabrication	3315 h
Nombre de cycles depuis la fabrication	3339
Durée d'utilisation depuis la dernière révision	1516 h
Nombre de cycles depuis la dernière révision	1465

1.6.1.4 Aides à la navigation et instruments

Les pilotes disposaient des systèmes d'aide à la navigation suivants:

- Système de gestion de vol (B-RNAV) simple: Honeywell GNS-X C129/CDU GNS-XLS
- Système VOR/ILS double: Collins VIR-32
- Dispositif de mesure de distance double: Collins DME-42
- Radiogoniomètre automatique double: Collins ADF-462
- Transpondeur double: Collins TDR-90
- Système anémobarométrique (ADS) simple: Honeywell AZ-241
- Système de détection d'orage simple (*stormscope*)
- Radioaltimètre simple: Collins ALT-55B
- Système de radar météo simple: Honeywell WU-650
- Ordinateur de directeur de vol simple: Honeywell FZ-500
- Système de cap double: Honeywell C-14D
- Pilote automatique simple: Honeywell PC-500

Les instruments et appareils ayant pu influencer sur le déroulement de l'accident au décollage ont été analysés (voir point 1.6.11).

1.6.1.5 Equipement de communications

Les pilotes disposaient des systèmes de communication suivants:

- Système d'interphone
- Système de communication aux passagers
- Système de communication VHF double: Collins
- Système de communication HF simple

L'équipage disposait également d'un téléphone mobile qui a été utilisé pour les communications avec les opérations de la compagnie. Cet appareil n'était pas fixé dans l'avion.

1.6.2 Masse et centrage

1.6.2.1 Masse et centrage du vol EAB 220 d'East Midlands à Zurich

Un changement de dernière minute (LMC) a été constaté sur le devis de masse et centrage du vol EAB 220 East Midlands – Zurich. Le nombre de passagers y est rectifié de huit à sept. Selon le témoignage de l'entreprise qui a affrété ce vol, il y avait cependant huit passagers à bord.

Selon les calculs établis sur la base de huit passagers, l'appareil HB-VLV était donc chargé comme suit:

<i>Basic operating mass</i>	9895 lbs	
<i>Basic operating mass arm</i>	302,44 in	
<i>Basic operating mass moment</i>	2990704 in•lbs	
<i>Pax mass</i>	1464 lbs	
<i>Pax mass arm</i>	240,25 in	
<i>Pax moment</i>	351726 in•lbs	
<i>Baggage mass</i>	167 lbs	
<i>Baggage arm</i>	348 in	
<i>Baggage moment</i>	58116 in•lbs	
<i>Dry operating mass</i>	11526 lbs	max. 12200 lbs
<i>T/O fuel mass</i>	5400 lbs	
<i>T/O mass</i>	16926 lbs	max. 16300 lbs
<i>T/O MAC</i>	19,83 %	
<i>T/O arm</i>	297,61 in	

Avant le LMC, la masse de l'avion dépassait la masse maximale admissible au décollage de 626 lbs.

Après le LMC, la masse était toujours supérieure de 443 lbs à la masse maximale admissible au décollage.

Dans les deux cas, le centrage se situait en dehors des limites définies dans le manuel de vol de l'aéronef (AFM).

1.6.2.2 Masse et centrage du vol EAB 220

Le calcul de la masse et centrage au moment de l'accident repose sur les données du devis de masse et centrage établi pour le vol Zurich – Bern-Belp. Ces données ont été confirmées par les éléments recueillis sur le lieu de l'accident.

<i>Basic operating mass</i>	9895 lbs	
<i>Basic operating mass arm</i>	302,44 in	
<i>Basic operating mass moment</i>	2990704 in•lbs	
<i>Pax mass</i>	0 lbs	
<i>Pax mass arm</i>	0 in	
<i>Pax moment</i>	0 in•lbs	
<i>Baggage mass</i>	26 lbs	
<i>Baggage arm</i>	348 in	
<i>Baggage moment</i>	9048 in•lbs	
<i>Dry operating mass</i>	9921 lbs	max. 12200 lbs
<i>T/O fuel mass</i>	3100 lbs	
<i>T/O mass</i>	13021 lbs	max. 16300 lbs
<i>T/O MAC</i>	25,19 %	
<i>T/O arm</i>	301,96 in	

Ces chiffres se situent dans l'enveloppe publiée dans le manuel de vol. Au moment de l'accident, il y avait environ 3000 lbs de carburant embarqué.

1.6.3 Commandes de vol

1.6.3.1 Commandes principales

1.6.3.1.1 Gouvernes de profondeur et de direction

Les débris des systèmes de gouvernes de profondeur et de direction ainsi que les enregistrements DFDR du vol ont été analysés en détail. Aucun élément permettant de conclure à un dysfonctionnement de l'un de ces systèmes avant le crash n'a pu être décelé.

1.6.3.1.2 Ailerons

Les débris du revêtement composite-carbone des ailerons trouvés à proximité immédiate du lieu du premier impact ainsi que la nature des ruptures des fixations, des éléments d'articulation et des rivets des ailerons ont amené les enquêteurs à procéder à des examens plus approfondis.

L'analyse de ces débris n'a révélé aucune fatigue ou anomalie des matériaux utilisés. Toutes les ruptures ont été qualifiées de ruptures dues à l'impact.

L'évaluation des enregistrements DFDR n'a pas non plus révélé d'élément permettant de conclure à un dysfonctionnement de ces commandes avant le crash.

1.6.3.2 Commandes secondaires

Les enregistrements DFDR des commandes secondaires ne laissent apparaître aucune anomalie.

1.6.3.2.1 Position des volets

Le DFDR a enregistré les positions suivantes entre le décollage et l'impact:

- Décollage 15°
- 14 secondes après l'envol début de la rétraction
- 24 secondes après l'envol rentrés

Les positions enregistrées durant le dernier vol concordent avec les enregistrements des vols précédents, aussi bien pour la position des volets que pour le processus de rétraction.

Il a été possible de déterminer que les deux vérins hydrauliques étaient en position „flaps up” au moment de l'impact. L'affichage mécanique de la position des volets dans le poste de pilotage correspondait à la position 0°.

Le levier de commande des volets était sur la position 15°. Selon toute probabilité, il s'est déplacé dans cette position lors du choc.

1.6.3.2.2 Compensateur de profondeur

La compensation autour de l'axe de tangage se fait par un volet compensateur placé sur chaque gouverne de profondeur. Les compensateurs peuvent être actionnés manuellement ou électriquement. Pour le mode manuel, les pilotes disposent d'un volant placé sur le côté gauche de la console centrale. En mode électrique, les compensateurs sont actionnés par des interrupteurs situés sur chacun des manches, l'interrupteur du commandant étant prioritaire.

La position „nose up” et „nose down” du compensateur peut être lue sur un afficheur mécanique situé à côté du volant de commande manuelle. Sur la console centrale, la plage de compensation appropriée pour le décollage est indiquée par une marque blanche portant l'inscription T.O. (*take-off*) ainsi que par deux marques spéciales, l'une pour les vols de convoyage, l'autre pour les vols en charge maximale.

Le volant de commande du compensateur de profondeur ainsi que l'afficheur de la position ont été détruits dans l'accident.

Les compensateurs des gouvernes de profondeur de gauche et de droite étaient sur la position „2° up”. Vu leur degré de destruction, aucune conclusion n'a pu être tirée de la position de ces compensateurs au moment de l'accident.

1.6.3.2.3 Compensateur de direction

Le volant de commande du compensateur de direction ainsi que l'afficheur de la position ont été détruits dans l'accident.

Le volet compensateur de la gouverne de direction était sur la position „0°”. Vu son degré de destruction, aucune conclusion n'a pu être tirée de la position de ce volet compensateur au moment de l'accident.

1.6.3.2.4 Compensateur de roulis

La molette de commande du compensateur de roulis ainsi que l'afficheur de la position ont été détruits dans l'accident.

Le volet compensateur de l'aileron de droite était sur la position „5° up”. Vu son degré de destruction, aucune conclusion n'a pu être tirée de la position de ce volet compensateur au moment de l'accident.

1.6.4 Train d'atterrissage

Dans le poste de pilotage, le levier du train d'atterrissage était en position train sorti. Néanmoins, les vérins des deux trains principaux et du train avant étaient en position train rentré.

L'examen des débris ainsi que de la déformation du mécanisme de verrouillage du train avant a montré que ce dernier était rentré lors du premier impact.

1.6.5 Aérofreins

Le vérin de l'aérofrein gauche était en position rentrée. Le degré de destruction de l'aérofrein droit n'a pas permis d'en déterminer la position.

On peut admettre que, selon toute probabilité, les aérofreins étaient rentrés lors du premier impact.

1.6.6 Réacteurs

1.6.6.1 Contrôle visuel

Le contrôle des réacteurs n'a pas permis de déceler de défauts préalables.

Les points suivants sont à relever:

- Les vérins des deux inverseurs de poussée ont été retrouvés en position verrouillée (*locked/stowed*).
- La soufflante du réacteur droit était très endommagée, ce qui permet d'affirmer qu'elle tournait à haut régime lors de l'impact.
- Les dommages constatés au réacteur gauche permettent également d'affirmer que celui-ci fournissait une puissance élevée au moment de l'accident.

Ces constats coïncident avec les enregistrements DFDR.

1.6.6.2 Accélération des réacteurs

L'analyse des enregistrements DFDR pour la phase de décollage a montré que l'avion avait dévié de sa trajectoire de 10° à droite durant la phase d'accélération des réacteurs. L'appareil a pu être ramené sur l'axe de piste par une manœuvre de correction immédiate. D'autres analyses ont montré que des corrections semblables avaient déjà été nécessaires lors de décollages précédents pour maintenir l'avion dans l'axe de la piste. Ce comportement inhabituel au décollage est dû à une vitesse d'accélération différente des deux réacteurs lorsque la manette de puissance est amenée en position de puissance de décollage.

Le dépouillement de tous les vols enregistrés dans le DFDR a montré que le régime de ralenti au sol de l'attelage haute pression (N2) des deux réacteurs affichait un écart de l'ordre de 7 à 8 %. Lors du dernier vol de l'avion, le régime du réacteur gauche au ralenti sol était de 49 % N2 et celui du réacteur droit de 41 % N2. On relèvera que le réacteur dont le régime de ralenti au sol est plus élevé développe plus rapidement une poussée supérieure lorsque les deux manettes de puissance sont déplacées simultanément. Si le mouvement des manettes de puissance est rapide, la différence de poussée durant la phase d'accélération des réacteurs peut être considérable.

Les valeurs indicatives suivantes ont été relevées dans la documentation des constructeurs:

Source	Régime (N2)	Tolérance
Manuel d'entretien du constructeur des réacteurs	<i>gnd idle</i> NORM: min 46,0 %	non ment.
	<i>gnd idle</i> HIGH: min 52,0 %	non ment.
Manuel d'entretien du constructeur de l'avion	<i>gnd idle</i> NORM: min 46,0 %	+0,5 %/-0 %
	<i>gnd idle</i> HIGH: min 52,0 %	±0,5 %
Manuel de vol de l'aéronef	<i>gnd idle</i> NORM: min 46,0 %	+1,0 %/-0 %
	<i>gnd idle</i> HIGH: min 52,0 %	±0,5 %

1.6.7 Instruments

1.6.7.1 Généralités

Les premiers avions du type Citation ont été construits dans les années soixante-dix. Le modèle 550 Citation II développé à partir du premier type, a été construit à partir de 1977. La version dérivée du modèle 550, appelée S550 ou également SII, constitue la base du modèle 560 Citation V.

Dans cette famille d'avions, la disposition standard des instruments dans le poste de pilotage est conçue principalement pour le pilote en place gauche. Un équipement identique pour les deux pilotes est proposé en option pour les modèles S550 et 560. Ce dernier n'avait pas été choisi sur l'appareil accidenté.

Selon le constructeur, une version mono-pilote pour les modèles S550 et 560 n'a jamais été proposée, ceci en raison de la masse totale plus élevée.

1.6.7.2 Horizons artificiels (indicateurs d'attitude)

La plus grande différence entre les instruments situés de chaque côté du poste de pilotage se trouve au niveau de l'un des instruments les plus importants pour le pilotage IFR. En effet, les horizons artificiels du commandant et du copilote n'étaient pas de même conception et provenaient de constructeurs différents.

L'avion HB-VLV était équipé d'un indicateur directeur électronique d'attitude (EADI) du type *Honeywell ED-600* du côté du commandant.

Du côté du copilote, il était équipé d'un indicateur d'attitude électromécanique de la maison AIM.

Les dimensions de l'EADI du commandant étaient de 103x93 mm et celles de l'indicateur d'attitude du copilote de 79x63 mm. Pour permettre de visualiser cette différence de taille, les deux instruments sont reproduits en grandeur nature à l'annexe 5.1.

L'EADI du commandant pouvait afficher diverses informations de vol en plus de l'assiette, comme par exemple le directeur de vol. Cette fonction était inexistante sur l'indicateur d'attitude du copilote. De plus, la lecture du tangage est nettement moins précise sur cet instrument.

Un drapeau d'alarme s'affiche sur l'indicateur d'attitude du copilote en cas d'interruption de son alimentation électrique.

Le fonctionnement de l'indicateur d'attitude du copilote au moment de l'accident a été analysé. Des traces d'impact ont été constatées sur l'affichage gradué. L'enquête a déterminé que le gyroscope de l'instrument fonctionnait au moment de l'impact.

1.6.7.3 Horizon de secours

Un horizon de secours électromécanique P/N 5040041902 était monté à proximité immédiate de l'horizon artificiel du copilote. Cet instrument autonome servait d'indicateur de référence d'attitude de vol, au cas où une indication différente des horizons artificiels des 2 pilotes se manifeste.

Un drapeau d'alarme s'affiche sur l'horizon de secours en cas d'interruption de son alimentation électrique.

Le fonctionnement de l'horizon de secours au moment de l'accident a été analysé. L'enquête a déterminé que le gyroscope de l'instrument fonctionnait au moment de l'impact. Aucun commentaire n'a pu être formulé quant à l'affichage de l'assiette durant l'accident.

1.6.7.4 Indicateur de situation horizontale (HSI)

Le copilote disposait d'un HSI de type *Honeywell RD-450*. Contrairement à l'indicateur électronique de situation horizontale (EHSI) du commandant, cet instrument était de conception électromécanique.

Le copilote disposait d'un commutateur qui lui permettait de présélectionner un radioalignement. Les déviations latérales étaient indiquées par une aiguille sur une échelle graduée.

L'instrument offrait aussi la possibilité de sélectionner un cap de référence pour le pilote.

L'indicateur de trajectoire de descente est activé sur la partie droite de l'affichage lorsque la navigation VHF est commutée sur une fréquence ILS.

Divers drapeaux d'alarme s'affichent en cas de dysfonctionnement de la fonction correspondante (HDG, NAV et VERT).

1.6.7.5 Système de navigation VHF

Le système de navigation VHF capte les émissions des radiophares omnidirectionnels VHF (VOR), des radiophares d'alignement de piste (LOC), des radiophares d'alignement de descente des systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS) et des radiobornes (MKR).

Les signaux de relèvement et de déviation générés par les différents récepteurs s'affichaient sur l'EADI et l'EHSI du commandant ainsi que sur son indicateur radiomagnétique (RMI). Du côté du copilote, ces signaux s'affichaient sur le HSI et sur le RMI. Les récepteurs des signaux VOR et ILS étaient distincts. La description qui suit est limitée à la fonction VOR.

Le HB-VLV était équipé d'un double système VOR, chaque système comprenant un récepteur VOR, un boîtier de commande VHF NAV et une antenne VOR/LOC.

Le but d'un système VOR est de calculer automatiquement le relèvement entre l'avion et une station sol dont les coordonnées géographiques sont connues. Si l'on sélectionne un alignement VOR, le système est capable de calculer la déviation latérale et de l'afficher.

La fréquence VOR devait être sélectionnée sur le boîtier de commande VHF NAV correspondant (#1 ou #2). Il était possible d'en présélectionner une seconde, que l'on pouvait ensuite activer à l'aide d'un bouton poussoir. Le système VOR fonctionne dans la gamme de fréquences 108,00 - 117,95 MHz, avec un espacement des canaux de 50 kHz. Dans la plage 108 – 111 MHz, seuls les dixièmes de mégahertz pairs sont prévus comme fréquences VOR. Les fréquences pouvaient aussi être sélectionnées par le biais du boîtier de commande et de visualisation du système de gestion de la navigation (NMS).

Pour identifier les stations sol VOR, l'émetteur VOR génère un code Morse spécifique qui peut être écouté par le biais du système audio.

1.6.7.6 Dispositif de mesure de distance (DME)

Le HB-VLV était doté de deux DME de type *Collins DME-42*, chaque système comprenant un interrogateur DME, un boîtier de commande VHF NAV et une antenne pour la bande L (962 à 1213 MHz).

Le but d'un système DME est de calculer la distance entre l'avion et une station sol. La plupart du temps, les stations sol DME et VOR sont implantées sur le même site et les fréquences sont sélectionnées sur un boîtier de commande VHF NAV commun.

Chaque DME était connecté au boîtier de commande VHF NAV correspondant. La distance DME pouvait être lue sur les indicateurs DME du poste de pilotage.

1.6.7.7 Système de gestion de la navigation (NMS)

L'avion accidenté était équipé d'un NMS de type *Honeywell GNS-X*. Fin 1998, le système avait été transformé en GNS-X C129 doté d'un boîtier de commande et de visualisation GNS-XLS. Ce système comporte entre autres les fonctions suivantes:

- Il détermine la position de l'avion à l'aide de divers systèmes (GPS, DME/DME, VOR/DME).
- Il calcule des paramètres de vol (*ground speed, track angle, drift angle, desired track, crosstrack distance, distance to waypoint, bearing to waypoint, estimated time of arrival, wind speed and direction*).
- Il génère une route à partir des points de cheminement insérés manuellement, en se fondant sur une base de données de navigation.
- Il suit une route de compagnie préprogrammée, un itinéraire de départ ou d'arrivée normalisé aux instruments (SID ou STAR).
- Il assiste l'équipage dans la planification des besoins en carburant.
- Il transmet des paramètres de navigation à l'EADI et à l'EHSI du commandant.

La saisie manuelle de points de cheminement le long d'une route, la consultation d'une route de compagnie ou la modification d'une route sont des opérations que l'on effectue à l'aide du boîtier de commande et de visualisation. Le plan de vol qui en découle ainsi que les paramètres de navigation associés sont ensuite affichés sur cet appareil.

L'unité de gestion de la navigation (NMU) trouve les références des points de cheminement (latitude/longitude, variation, etc.) dans une base de données de navigation qui est actualisée tous les vingt-huit jours.

Lorsque le plan de vol est établi durant la préparation du vol, on peut le faire précéder d'un itinéraire SID après avoir reçu l'autorisation ATC requise. Les SID sont enregistrés

dans la base de données de navigation et ne peuvent pas être modifiés par les pilotes. Dans la NMU, les SID sont construits sur une série de segments de procédure.

En vol de croisière, le NMS navigue en suivant un plan de vol défini, c'est-à-dire en volant de point de cheminement en point de cheminement. Avec la fonction „direct to“ le pilote peut, à partir de la position actuelle, diriger l'avion directement sur un point de cheminement du plan de vol.

Les signaux générés par le NMS peuvent être affichés sur l'EHSI du commandant lorsque ce mode est sélectionné.

Les pilotes peuvent aussi sélectionner les fréquences VHF et VOR/DME sur le boîtier de commande et de visualisation de ce système.

Le NMS est contrôlé en permanence par un système de surveillance intégré dans la NMU et les dysfonctionnements sont signalés à l'équipage.

1.6.8 Système avertisseur de proximité du sol (GPWS)

L'avion n'était pas doté de GPWS.

Le GPWS génère des avertissements optiques et sonores lorsque la distance de l'avion par rapport au sol présente un danger. Il génère aussi des messages sonores afin d'informer l'équipage de la diminution de la distance au sol.

L'ordinateur d'avertisseur de proximité du sol (GPWC) surveille et traite certains signaux de l'avion. Il déclenche une alarme lorsque l'une des enveloppes d'avertissement (*warning envelopes*) suivantes est transgressée:

- mode 1 *excessive descent rate*
- mode 2 *excessive terrain closure rate*
- mode 3 *altitude loss after take-off*
- mode 4 *unsafe terrain clearance*
- mode 5 *inadvertent descent below glideslope*
- mode 6 *altitude awareness call outs (radar altitude)*

Il existe des avertisseurs sonores distincts (voix synthétique) pour chaque mode. Si plusieurs avertisseurs doivent se déclencher en même temps, un ordre de priorité leur est assigné.

1.6.9 Entretien de l'avion

L'entretien de la flotte de la compagnie Eagle Air Ltd. était confié depuis 1986 à la société Airbase Ltd. installée sur l'aéroport de Bern-Belp. Airbase Ltd. était titulaire d'une licence JAR 145 et était donc autorisée à exécuter ces travaux. Il n'existait aucun contrat écrit de maintenance entre les deux entreprises.

Le dossier technique de l'avion était tenu à jour par Airbase Ltd.. Eagle Air Ltd. planifiait les temps d'arrêt nécessaires pour les travaux d'entretien périodiques. Les documents relatifs aux travaux exécutés étaient établis par Airbase Ltd. conformément au manuel d'entretien du Cessna 560 «*Maintenance manual, interval and phase cross-reference for inspection time limits*».

Les travaux exécutés par Airbase Ltd. étaient communiqués au constructeur de l'avion pour la mise à jour du CESCO (Cessna computerized maintenance) par le biais de confirmations d'exécution. Ce système de gestion de la maintenance permettait entre

autres de garantir l'exécution des contrôles périodiques des composants système ainsi que de surveiller l'échéance des services obligatoires (SB) et des attestations de service (SL).

Les fiches de travail relatives aux changements de réacteur, aux travaux de réglage, aux vols d'essai et à l'exécution des consignes de navigabilité n'ont pas pu être fournis. De même, les constats établis lors des contrôles n'ont pas fait l'objet de notes écrites, pas plus que les travaux de réparation les concernant.

Aucun registre technique n'a été trouvé, ni dans l'épave, ni dans le dossier technique.

Selon Eagle Air Ltd., les dysfonctions constatées en vol étaient communiquées à Airbase Ltd. soit par écrit, soit oralement. Eagle Air Ltd. a également fait noter au procès-verbal qu'une liste des points en suspens (*hold items list*) était tenue pour les défauts mineurs.

Selon l'entreprise Airbase Ltd., il n'existait à sa connaissance ni liste d'objets en suspens ni avis écrits. Les pannes ou dysfonctions étaient toujours – et seulement – communiquées oralement.

Airbase Ltd. n'a pas pu documenter les réparations exécutées pour le compte d'Eagle Air Ltd. lorsque la maintenance était sous sa responsabilité.

Par ailleurs, il n'a pas été possible de déterminer quand la base de données de navigation avait été mise à jour pour la dernière fois et de définir si celle-ci était valable au moment de l'accident.

1.6.10 Modifications apportées à l'avion

1.6.10.1 Prise d'angle d'incidence

L'exécution du SB 560-37-70 (*Teledyne A-O-A Computer Mod.*), considéré comme consigne de sécurité obligatoire (*mandatory airworthiness directive*) par la FAA et par l'OFAC, est arrivée à échéance le 1^{er} février 1999.

Selon un rapport de maintenance, ce SB a été réalisé lors du grand contrôle de décembre 1999, soit dix mois après l'échéance fixée. Aucune autorisation de l'OFAC n'avait été accordée pour ce report d'échéance.

Cette consigne de navigabilité faisait défaut dans la liste des consignes de navigabilité (form. 52.081 OFAC) de l'avion.

Hormis les certificats FAA 8130-3 concernant les deux nouveaux ordinateurs P/N SLZ8066 montés dans l'avion, aucun document n'était disponible. L'exécution du SB comprenait entre autres la modification du câblage de l'avion.

Le SB imposait également l'étalonnage en vol (*flight calibration check*) de cette modification, mais les enquêteurs n'ont pas pu établir s'il avait eu lieu.

1.6.10.2 Avionique

L'avionique de bord a subi les deux modifications suivantes:

- Transformation du système de navigation GNS-X en GNS-X C129/CDU GNS-XLS
- Réduction de l'espacement des canaux du système de communication VHF de 25 à 8,33 kHz

Ces modifications sont documentées.

L'entreprise d'entretien qui a exécuté la modification du système de navigation s'est basée sur le supplément au manuel de vol *AFM supplement for Beech model E90* autorisé par la FAA le 10 octobre 1997 pour créer un *AFM supplement for Cessna Citation C560* agréé à son tour par l'OFAC le 30 octobre 1998.

1.6.10.3 Entrée des nacelles réacteur

Les deux entrées des nacelles réacteur ont été remplacées conformément au SB 560-54-01 (*new design nacelle inlets*) par une entreprise d'entretien en Allemagne.

Cette modification est documentée.

1.6.11 Etat des instruments relevés dans l'épave

1.6.11.1 Généralités

Les boîtiers de commande et de visualisation suivants revêtent une certaine importance pour l'enquête. D'autres éléments d'équipement du poste de pilotage ont été examinés mais ne se sont pas révélés pertinents pour la suite de l'enquête.

1.6.11.2 Boîtier de visualisation

Emplacement	Elément/Affichage	Position
Tableau de bord - droite	BRG ○	<i>FMS1</i>
	ADI DIM	impossible à relever
	DH TST	impossible à relever
	HSI DIM	impossible à relever
	WX DIM	impossible à relever
	BRG ◇	<i>ADF2</i>

1.6.11.3 Indicateur de situation horizontale du copilote

Emplacement	Elément/Affichage	Position
Tableau de bord - gauche	Cap	env. 350°
	Sélecteur de radioalignement	335°
	Indicateur de déviation latérale	centré
	Sélecteur de cap	env. 334°
	Indicateur de pente de descente	<i>1¼ dot</i> sous la ligne de référence et bloqué par le drapeau <i>VERT</i>

1.6.11.4 Navigation VHF – boîtier de commande NAV de gauche (#1)

Emplacement	Elément/Affichage	Position
Console centrale	Interrupteur général	entre <i>ON</i> et <i>HOLD</i>
	Sélecteur de fréquence	impossible à relever
	Commutateur de fréquence	cassé

1.6.11.5 Navigation VHF – boîtier de commande NAV de droite (#2)

Emplacement	Élément/Affichage	Position
Console centrale	Interrupteur général	<i>HOLD</i>
	Sélecteur de fréquence	impossible à relever
	Commutateur de fréquence	cassé

1.6.11.6 Indicateur DME

Emplacement	Élément/Affichage	Position
Console centrale	Interrupteur (PWR)	enfoncé et verrouillé
	Indication de distance	impossible à relever

1.6.11.7 Indicateur radiomagnétique du copilote (#2)

Emplacement	Élément/Affichage	Position
Tableau de bord - gauche	Cap	350° (bloqué)
	Aiguille simple	libre
	Aiguille double	libre
	Commutateur VOR/ADF	impossible à relever

1.6.11.8 Indicateur radiomagnétique du commandant (#1)

Emplacement	Élément/Affichage	Position
Tableau de bord - droite	Cap	349° (bloqué)
	Aiguille simple	148° (bloquée)
	Aiguille double	148° (bloquée)
	Commutateur VOR/ADF	impossible à relever

1.6.11.9 Feux extérieurs

Emplacement	Élément/Affichage	Position
Tableau de bord - gauche	Feux de reconnaissance	RECOG - ON
	Feux anticollision	ANTI COLL - ON
	Feux de navigation	NAV - ON

1.6.11.10 Système de gestion de la navigation (NMS)

La face avant du boîtier de commande et de visualisation du NMS présentait de légères traces de feu. Le boîtier était écrasé. Le boîtier de connexion situé sur la face arrière était très corrodé et les broches des fiches étaient en bon état. Le câble d'antenne était arraché mais la prise d'antenne était en bon état. Le convertisseur de tension situé sur la face arrière était très corrodé.

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Résumé

A l'arrière du front froid qui s'étendait sur toute la Suisse à partir du nord-ouest, la nébulosité a rapidement diminué en début de soirée. Sur l'aéroport de Zurich, la température de l'air s'est abaissée progressivement à -9°C jusqu'à 20:50 UTC. Des bancs de brouillard ont été annoncés dans la région de l'aéroport à partir de 19:20 UTC, mais jusqu'à l'heure de l'accident il ne se sont jamais concentrés pour former un brouillard compact.

1.7.2 Situation générale

Une vaste zone de haute pression était centrée légèrement à l'ouest de l'Irlande et une basse pression couvrait une grande partie de la Scandinavie. Un courant d'air froid soufflait du nord-ouest vers les Alpes entre ces deux systèmes. Poussé par ce courant, un front froid faiblement actif a traversé la Suisse durant la journée et atteint les Alpes dans la soirée.

1.7.3 Conditions à l'aéroport de Zurich

1.7.3.1 Déroulement de la journée

Les précipitations qui accompagnaient le front froid faiblement actif soufflant du nord-ouest ont atteint la zone de l'aéroport en début de matinée. De faibles chutes de neige ont été observées à partir de 04:50 UTC. Ces précipitations ont duré jusqu'à 12:20 UTC avec quelques brèves interruptions. Durant cette phase de précipitations, la visibilité au sol a fluctué entre 1800 et 4000 m.

L'après-midi le temps est resté très couvert, mais il n'y a plus eu de précipitations. Puis la nébulosité a rapidement diminué entre 18:00 et 19:00 UTC. A 18:50 UTC, la nébulosité n'était plus que de 1-2 octas de stratus.

Dans ces conditions, la température de l'air est passée de -5° à -9°C entre 18:50 et 20:50 UTC. Des bancs de brouillard ont été signalés à 19:20 UTC. La visibilité au sol (visibilité météorologique) était de 1800 m à 18:50 UTC, de 250 m à 19:50 UTC et de 150 m à 20:50 UTC. Jusqu'au moment de l'accident, ces bancs ne se sont toutefois pas suffisamment étendus pour former un brouillard compact.

1.7.3.2 Profil météorologique à 19:50 UTC

Vent au point de mesure pistes 14/16	VRB, 2 kt
Vent au point de mesure piste 34	350° , 2 kt
Visibilité au sol	250 m
Phénomènes significatifs	bancs de brouillard
Portée visuelle de piste – piste 14A	plus de 1500 m
Portée visuelle de piste – piste 16A	fluctuante entre 800 et 300 m
Portée visuelle de piste – piste 28A	fluctuante entre 1500 et 400 m, tendance à la baisse
Précipitations	aucune
Nébulosité	1 octa, base à 250 ft AAL

Température de l'air – pistes 14/16	-8° C
Point de rosée – pistes 14/16	-8° C
Pression atmosphérique, QNH	1025 hPa
Pression atmosphérique, QFE piste 28	974 hPa
Etat de la piste	piste mouillée sur plus de 50 % de la surface, épaisseur du dépôt non mesurable ou insignifiant pour l'exploitation Efficacité de freinage: pas de donnée fiable

1.7.3.3 Profil météorologique à 20:20 UTC

Vent au point de mesure pistes 14/16	290°, 2 kt
Vent au point de mesure piste 34	340°, 2 kt
Visibilité au sol	200 m
Phénomènes significatifs	bancs de brouillard étendus
Portée visuelle de piste – piste 14A	fluctuante entre plus de 1500 et 325 m, tendance à la baisse
Portée visuelle de piste – piste 16A	fluctuante entre 600 et 250 m, tendance à la hausse
Portée visuelle de piste – piste 28A	550 m
Précipitations	aucune
Nébulosité	2 octas, base à 150 ft AAL
Température de l'air – piste 14/16	-8° C
Point de rosée – piste 14/16	-8° C
Pression atmosphérique, QNH	1025 hPa
Pression atmosphérique, QFE piste 28	974 hPa
État de la piste	piste mouillée sur plus de 50 % de la surface, épaisseur du dépôt non mesurable ou insignifiant pour l'exploitation Efficacité de freinage: pas de donnée fiable

1.7.3.4 Profil météorologique à 20:50 UTC

Vent au point de mesure pistes 14/16	300°, 2 kt
Vent au point de mesure piste 34	260°, 1 kt
Visibilité au sol	150 m
Phénomènes significatifs	bancs de brouillard étendus
Portée visuelle de piste – piste 14A	fluctuante entre 400 et 250 m, tendance à la baisse
Portée visuelle de piste – piste 16A	fluctuante entre 900 et 400 m

Portée visuelle de piste – piste 28A	plus de 1500 m, tendance à la baisse
Précipitations	aucune
Nébulosité	visibilité verticale 80 ft
Température de l'air – piste 14/16	-9° C
Point de rosée – piste 14/16	-9° C
Pression atmosphérique, QNH	1025 hPa
Pression atmosphérique, QFE piste 28	974 hPa
Etat de la piste	piste mouillée sur plus de 50 % de la surface, épaisseur du dépôt non mesurable ou insignifiant pour l'exploitation Efficacité de freinage: pas de donnée fiable

1.7.3.5 Conditions météorologiques au moment de l'accident (21:07 UTC)

Vent au point de mesure pistes 14/16	320°, 1 kt
Vent au point de mesure piste 34	330°, 3 kt
Visibilité au sol	100 m
Phénomènes significatifs	bancs de brouillard étendus
Température de l'air – piste 14/16	-9° C
Humidité relative	95 %
Température du sol	-7,3° C
Température du béton	-7,3° C
Pression atmosphérique, QNH	1025,4 hPa
Pression atmosphérique, QFE piste 28	974 hPa
Etat du sol près de la station d'observation	couche de neige poudreuse d'une épaisseur de 1 cm recouvrant tout le sol

1.7.3.6 Formation de glace sur l'avion avant le décollage de Zurich

1.7.3.6.1 Teneur de l'air en eau au moment de l'accident

L'air contenait environ 2 g d'eau par kilo d'air.

(pression atmosphérique 974 hPa, point de rosée -9° C)

1.7.3.6.2 Formation de brouillard dans la région de l'aéroport

- Des bancs de brouillard ont été signalés pour la première fois à 19:20 UTC.
- Des bancs de brouillard étendus ont été signalés à 20:20 et 20:50 UTC.
- Les bancs de brouillard étaient plus denses au nord de l'aéroport qu'au secteur GAC.
- Jusqu'à l'heure de l'accident, les bancs de brouillard ne s'étaient pas refermés en brouillard compact dans la zone aéroportuaire.

1.7.3.6.3 Caractéristiques du brouillard

Entre 18:50 et 20:50 UTC, le ciel s'est dégagé et la température de l'air est passée de -5° à -9° C. Dans le même temps, le point de rosée a baissé de -6° à -9° C, ce qui a entraîné la condensation ou la sublimation d'environ 0,5 g de vapeur d'eau par kilo d'air.

Les bancs de brouillard observés sont en fait de «jeunes nuages». Lorsque la température se situe entre -6° et -9° C, les jeunes nuages se composent encore essentiellement de gouttelettes d'eau surfondues. A l'heure de l'accident, le brouillard devait donc contenir une forte proportion de gouttelettes d'eau surfondues.

Certaines déclarations de pilotes telles que «Halo autour des feux de piste» (SR 460, décollage à 23:15 UTC) portent toutefois à émettre l'hypothèse qu'à ce moment-là (23:15 UTC), le brouillard contenait déjà une quantité considérable de cristaux de glace.

1.7.3.6.4 Effets sur l'avion

Outre la choc des gouttelettes de brouillard surfondues avec l'avion, qui gèlent relativement vite sur sa surface, ces conditions (ciel pratiquement dégagé, rapide chute de température) favorisent aussi la formation de givre par sublimation, surtout sur les parties de l'avion dont la température de surface est déjà nettement inférieure à 0° C.

Dans la zone du GAC, la faible densité de brouillard favorisait le rayonnement thermique de la cellule de l'avion. Le refroidissement de la cellule était donc plus grand que dans les bancs de brouillard.

L'emplacement GAC Secteur 1 est pratiquement entouré de bâtiments émettant un certain rayonnement thermique. Dans cette zone, le processus de refroidissement de la cellule devait donc être plus lent.

1.7.3.6.5 Constatations rapportées par des pilotes concernant la formation de glace avant l'atterrissage vers 19:30 UTC

Deux avions en phase d'approche ont annoncé «peu de glace» (LX 497, atterrissage piste 16 à 20:51 UTC) et «un peu de givre» (LX 3629, atterrissage sur la piste 16 à 21:01 UTC).

1.7.3.6.6 Déclarations des équipages

Les déclarations des pilotes sont variables, en fonction de la température de surface de l'appareil, de l'endroit et de la durée de stationnement à l'aéroport.

Arrivées:

- SR 809 (atterrissage piste 16, 21:06 UTC): «*no ice on ground*», malgré un long roulage.
- LX 3549 (atterrissage piste 16, 20:41 UTC): «léger givre *during ground time*».

Départs:

- LX 914 (décollage piste 28, 20:28 UTC): «givre sur les ailes, *de-icing* pas nécessaire».
- LX 3038 (décollage piste 28, 20:50 UTC): «*no ice* sur l'aile, a fondu à cause du *fuel* chaud».
- LX 3878 (décollage 21:02 UTC): «*no de-icing on ground*».

Départs après l'accident:

- SR 606 (décollage piste 34, 23:09 UTC): «a été longtemps dehors, ailes complètement recouvertes de givre, *de-iced* deux fois».
- SR 436 (décollage piste 34, 23:11 UTC): «un peu de givre sur les ailes, *de-iced* deux fois» (au sol depuis environ 19:15 UTC),
- SR 810 (décollage piste 34, 23:13 UTC): «givre, *de-iced* deux fois».
- SR 460 (décollage piste 34, 23:15 UTC): «léger givre sur les ailes, *de-iced* ».
- SR 710 (décollage piste 34, 23:17 UTC): «givre tournant à la glace, deux fois *de-iced*, glace sur les *fan blades*».

1.7.3.7 Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR)

Au moment de l'accident, le message METAR suivant était valable:

```
202050Z 30002KT 0150 R14/0250V0400D R16/0400V0900N R28/P1500N PRFG VV000  
M09/M09 Q1025 8829//99 NOSIG=
```

1.7.4 Informations météorologiques diffusées

1.7.4.1 Service automatique d'information de région terminale (ATIS)

L'équipage du HB-VLV disposait du message ATIS suivant (X-RAY):

INFO X-RAY

LANDING RUNWAY 14 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 1950 UTC 20.12.2001

350 DEG 2 KT

VIS 250 M

R14/P1500 R16/0300 R28/0400

FOG PATCHES

FEW 250 FT

-08/-08

QNH 1025 TWO FIVE

TREND BECOMING VIS 200 M

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION,
NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT.

RUNWAY REPORT Nr.091 1825

ALL RUNWAYS,

FULL LENGTH 30 M WET, DEICED

APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

Puis il y a eu les messages ATIS suivants:

INFO YANKEE

LANDING RUNWAY 14 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2020 UTC 20.12.2001

340 DEG 2 KT

VIS 200 M

R14/0325 R16/0250 R28/0550

PARTIAL FOG

SCT 150 FT
-08/-08
QNH 1025 TWO FIVE
TREND BECOMING BKN 200 FT
TRANSITION LEVEL 50
TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION,
NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT
RUNWAY REPORT NR.091 1825
ALL RUNWAYS
FULL LENGTH 30 M WET, DEICED
APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

INFO ZULU

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34
QAM LSZH 2020 UTC 20.12.2001
340 DEG 2 KT
VIS 200 M
R14/0325 R16/0250 R28/0550
PARTIAL FOG
SCT 150 FT
-08/-08
QNH 1025 TWO FIVE
TREND BECOMING BKN 200 FT
TRANSITION LEVEL 50
TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION,
NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT
RUNWAY REPORT NR.091 1825
ALL RUNWAYS
FULL LENGTH 30 M WET, DEICED
APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

INFO ALPHA

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34
QAM LSZH 2020 UTC 20.12.2001
340 DEG 2 KT
VIS 200 M
R14/0325 R16/0250 R28/0550
PARTIAL FOG
SCT 150 FT
-08/-08
QNH 1025 TWO FIVE
TREND BECOMING BKN 200 FT
TRANSITION LEVEL 50
TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION,
NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT
RUNWAY REPORT NR.091 1825
ALL RUNWAYS
FULL LENGTH 30 M WET, DEICED
APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

A l'heure de l'accident, le message ATIS suivant (BRAVO) avait été diffusé:

INFO BRAVO

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2050 UTC 20.12.2001

260 DEG 1 KT

VIS 150 M

R14/0250 R16/0400 R28/P1500

PARTIAL FOG

VER VIS 80 FT

-09/-09

QNH 1025 TWO FIVE

NOSIG

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION,
NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT

RUNWAY REPORT NR.091 1825

ALL RUNWAYS

FULL LENGTH 30 M WET, DEICED

APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

Message ATIS suivant:

INFO CHARLIE

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2120 UTC 20.12.2001

330 DEG 3 KT

VIS 100 M

R14/P1500 R16/0300 R28/0275

PARTIAL FOG

VER VIS 70 FT

-09/-09

QNH 1025 TWO FIVE

NOSIG

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION,
NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT

RUNWAY REPORT NR.091 1825

ALL RUNWAYS

FULL LENGTH 30 M WET, DEICED

APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

1.7.5 Portée visuelle de piste et visibilité au sol

1.7.5.1 Portée visuelle de piste

La portée visuelle de piste (RVR) est définie comme suit dans le document OACI 4444: «Distance jusqu'à laquelle le pilote d'un aéronef placé sur l'axe de la piste peut voir les marques ou les feux qui délimitent la piste ou qui balisent son axe.» Elle est mesurée à l'aide d'un appareil appelé transmissiomètre (TMM). Un TMM à base courte (15 m) permet de mesurer des valeurs entre 50 et 800 m environ. Un TMM à base longue peut mesurer la RVR entre 100 et 2000 m environ. La précision est cependant moindre dans le bas de la plage de mesure. Les TMM à base courte et longue sont nécessaires sur les pistes dotées d'une approche ILS, raison pour laquelle des dispositifs des deux

types sont installés le long des pistes 14/32 et 16/34 de l'aéroport de Zurich. En revanche, la piste 28 n'était équipée que de TMM à base longue lorsque l'accident s'est produit.

Les messages météo indiquent les valeurs RVR situées entre 50 et 1500 m. Si la portée visuelle de piste est inférieure à 50 m, le code figurant dans le message est M0050. Si elle est supérieure à 1500 m, le code est P1500. Les messages VOLMET (METAR) et ATIS (QAM) ne comportent donc jamais de valeurs RVR supérieures à 1500 m.

1.7.5.2 Visibilité au sol

La visibilité au sol (anciennement «visibilité météorologique») est la distance maximale à laquelle on peut encore identifier des objets remarquables. Elle est uniquement déterminée sur le plan horizontal. Si elle n'est pas identique dans toutes les directions, on indique la visibilité minimale. A l'instar d'autres pays, la Suisse bénéficie de la dérogation suivante: en cas de variations, la visibilité prédominante est donnée. Cette dernière est définie comme la valeur atteinte ou dépassée au moins dans un demi-cercle, qui peut être composé de plusieurs secteurs réunis entre eux.

1.7.5.3 Relation entre visibilité au sol et portée visuelle de piste

Une source lumineuse peut être identifiée à une distance plus grande qu'un objet non illuminé. Ainsi, de nuit, la valeur RVR est environ trois à quatre fois plus élevée que la visibilité au sol. De jour, en raison de l'effet de brillance du soleil dans le brouillard par exemple, la RVR n'est plus que le double environ de la visibilité au sol.

1.7.5.4 Emplacements des transmissiomètres de l'aéroport de Zurich

Trois transmissiomètres sont installés le long de la piste 16/34, à 110 m de la ligne médiane de la piste, aux emplacements suivants:

- TMM 16A: à environ 420 m du début de la piste 16
- TMM 16A: à environ 1480 m du début de la piste 16
- TMM 34C: à environ 550 m du début de la piste 34

Les valeurs RVR mesurées sont transmises toutes les dix secondes à l'InfoNet de skyguide et s'affichent en quelques fractions de seconde sur les moniteurs des postes de travail.

1.7.5.5 Evolution des valeurs RVR le long de la piste 16/34 le soir de l'accident

Le tableau suivant présente les valeurs RVR moyennes sur une minute à divers moments:

TIME (UTC)	TMM 16A	TMM 16B	TMM 34C
19:30:08	2000	1600	2000
19:35:08	0900	0800	2000
19:40:06	0300	0750	2000
19:45:06	0500	0600	2000
19:50:06	0750	0800	2000
19:55:07	0375	0600	2000
20:00:07	0400	0250	1800

TIME (UTC)	TMM 16A	TMM 16B	TMM 34C
20:05:07	0400	0250	1900
20:10:08	0275	0350	2000
20:15:08	1600	1900	1300
20:20:07	2000	2000	0900
20:25:08	2000	2000	0900
20:30:08	0750	1400	0750
20:35:08	0900	2000	1000
20:40:08	0700	2000	0400
20:45:08	0400	2000	0375
20:50:07	0550	2000	0400
20:55:07	0325	1700	0500
20:56:07	0400	0650	0750
20:57:07	0450	0350	1500
20:58:07	0400	0300	0400
20:59:07	0350	0275	0325
21:00:06	0375	0300	0300
21:01:06	0400	0800	0325
21:02:06	0325	0700	0350
21:03:06	0275	1200	0375
21:04:06	0275	1100	0350
21:04:47	0300	1300	0325
21:04:57	0300	1300	0325
21:05:07	0300	1600	0325
21:05:17	0300	1600	0350
21:05:27	0350	1600	0350
21:05:37	0350	1700	0350
21:05:47	0350	1700	0400
21:05:57	0400	1700	0400
21:06:07	0400	1800	0400
21:06:17	0400	1800	0450
21:06:27	0400	1800	0450
21:06:37	0400	1900	0450
21:06:47	0400	1900	0450
21:06:57	0400	1900	0450
21:07:07	0400	1900	0450
21:07:17	0400	1900	0400
21:07:27	0375	1900	0400
21:07:37	0375	1900	0400
21:07:47	0375	1900	0400
21:07:57	0400	1900	0400
21:08:07	0400	2000	0400

(2000 = 2000 m ou plus de 2000 m)

1.8 Aides à la navigation

1.8.1 Restrictions générales

Suite au déplacement du VOR/DME KLO occasionné par la construction du nouveau terminal (Dock Midfield), deux diagrammes de couverture ont été établis pour le nouveau site du VOR. L'analyse de ces diagrammes a montré qu'au-dessous de 12 000 ft le signal est partiellement brouillé.

Comme l'ont prouvé des vols de mesures, cette insuffisance de couverture due à la topographie locale est sans conséquence pour les routes d'arrivée et de départ. Par ailleurs, aucun incident ou notification imputable à des irrégularités du VOR KLO n'a été porté à la connaissance du service de la navigation aérienne.

C'est sur la base de ces éléments que l'*IFR procedure group* (IPG) avait décidé de publier une restriction lors d'une réunion qui s'est tenue à Zurich en 1999. L'OFAC avait accepté cette démarche et skyguide avait établi un rapport détaillé.

1.8.2 Aides à la navigation pour le SID «Willisau 3N»

Les aides à la navigation disponibles pour cette route sont le radiophare d'alignement de piste (LOC) du système d'atterrissage aux instruments de la piste 16, le DVOR/DME Kloten (KLO), le DVOR/DME Trasadingen (TRA) et le DVOR/DME Willisau (WIL). Tous sont équipés d'un dispositif de mesure de distance (DME).

Aide à la navigation aérienne	LLZ 16 ZRH
Position géographique	N 47° 26' 36,52", E 008° 33' 29,27"
Altitude	1400 ft AMSL
Fréquences	LLZ 110,50 MHz, DME canal 42 X
Période d'exploitation	24 h/24

Aide à la navigation aérienne	DVOR/DME KLO
Position géographique	N 47° 27' 25,73", E 008° 32' 44,14"
Altitude	1410 ft AMSL
Couverture opérationnelle spécifiée (DOC)	50 NM/25 000 ft
Fréquences	DVOR 114,85 MHz, DME canal 95 Y
Période d'exploitation	24 h/24

Aide à la navigation aérienne	DVOR/DME TRA
Position géographique	47° 41' 22,16" N, 008° 26' 13,15" E
Altitude	1850 ft AMSL
Couverture opérationnelle spécifiée (DOC)	100 NM/50 000 ft
Fréquences	DVOR 114,30 MHz, DME canal 90 X
Période d'exploitation	24 h/24

Aide à la navigation aérienne	DVOR/DME WIL
Position géographique	47° 10' 41,88" N, 007° 54' 21,30" E
Altitude	2417 ft AMSL
Couverture opérationnelle spécifiée (DOC)	50 NM/25 000 ft
Fréquences	DVOR 116,90 MHz, DME canal 116 X
Période d'exploitation	24 h/24

Le 20 décembre 2001 entre 20:45 et 21:15 UTC, les émetteurs des stations sol LLZ 16 ZRH, DVOR/DME KLO, DVOR/DME TRA et DVOR/DME WIL fonctionnaient normalement et étaient à la disposition des services d'exploitation sans aucune restriction.

1.8.3 Autres aides à la navigation

Installation	Type et constructeur	Mise en service
LOC ILS 14 ZRH	LOC 411, Thales ATM	1999
GP ILS 14 ZRH	GS 412, Thales ATM	1999
DME ILS 14 ZRH	FSD 40, Thales ATM	1999

1.9 Télécommunications

1.9.1 Organes de contrôle de la circulation aérienne impliqués

1.9.1.1 Généralités

Organe ATC	Code	Fréquence
Service „Prévol“	CLD	121,800 MHz
Contrôle sol	GRO	121,900 MHz
Contrôle d'aérodrome TWR	ADC	118,100 MHz
Contrôle d'approche Ouest	APW	118,000 MHz
Véhicule d'aérodrome (radio embarquée)		164,475 MHz

1.9.1.2 Plan d'affectation du personnel dans la tour de contrôle d'aérodrome

Selon le plan d'affectation des secteurs de skyguide, au moment de l'accident quatre postes de travail devaient être occupés à la tour de contrôle. En réalité, trois l'étaient.

Le chef de quart assumait également la fonction de contrôle sol (GRO) en raison d'une absence pour cause de maladie.

1.9.2 Enregistrement des conversations

Les données suivantes de la tour de contrôle d'aérodrome (TWR) sont enregistrées en permanence au moyen d'un système d'enregistrement numérique et sont sauvegardées sur bande magnétique audionumérique au format DDS:

- Tous les canaux radio VHF utilisés; en outre un appareil enregistreur est installé au poste de travail ADC pour les enregistrements de courte durée.
- Toutes les liaisons câblées entre les postes de travail.
- Toutes les conversations téléphoniques effectuées sur les postes de travail.
- Les liaisons radiotéléphoniques avec la police et les services de sauvetage.

La qualité d'écoute était bonne et les enregistrements complets.

Dans la tour de contrôle, les conversations ne sont pas enregistrées par un microphone d'ambiance.

1.9.3 Installations de communication

A l'heure de l'accident, le registre du système de gestion (SYMA) ne fait état d'aucune panne ou défaut des installations de la tour de contrôle. Il en va de même de toutes les liaisons internes (intercom, téléphone) au sein du service de contrôle de la circulation aérienne.

1.10 Renseignements sur l'aéroport

1.10.1 Généralités

L'aéroport de Zurich est situé au nord-est de la Suisse. En 2001, le service de la navigation aérienne – skyguide – a géré un volume de trafic d'environ 297 000 approches et décollages IFR.

Au moment de l'accident, un gigantesque projet de construction dont l'élément central est le terminal situé entre les pistes (Dock Midfield) était en cours.

Les données concernant les pistes de l'aéroport de Zurich sont les suivantes:

Désignation	Dimensions	Altitude des seuils
16/34	3700 x 60 m	1390/1386 ft AMSL
14/32	3300 x 60 m	1402/1402 ft AMSL
10/28	2500 x 60 m	1391/1416 ft AMSL

L'altitude et la température de référence de l'aéroport sont 1416 ft AMSL et 24,0° C.

1.10.2 Equipements des pistes

L'aéroport de Zurich est caractérisé par un système de trois pistes dont deux (16 et 28) se croisent au point de référence d'aérodrome. Les couloirs d'approche des pistes 16 et 14 se coupent à environ 850 m au nord-ouest du seuil de la piste 14. Ces deux pistes sont équipées d'un système ILS Catégorie III et peuvent donc être utilisées pour les approches de précision. La piste 28 permet d'effectuer des approches classiques basées sur le VOR/DME KLO.

La piste 34 est dotée d'un balisage lumineux aux normes de l'OACI pour une exploitation en service continu et par tous les temps. Une distinction est faite entre le balisage à haute intensité lumineuse (LIH) et à faible intensité lumineuse (LIL).

Lors des décollages par mauvaise visibilité (LVTO), les balisages déterminants sont les feux d'axe de piste LIH et les feux de bord de piste LIH. L'intensité du balisage lumineux est réglable (1 %, 3 %, 10 %, 30 % et 100 %).

Les feux d'axe de piste, qui sont placés à intervalles de 15 m, sont enterrés et chauffés. Jusqu'à 900 m avant l'extrémité de la piste, ils sont blancs. Entre 900 et 300 m avant l'extrémité de la piste, ils sont alternativement blancs et rouges, et sur les 300 derniers mètres ils sont uniquement rouges. L'angle de rayonnement vertical est réglé sur la position 3°.

Les feux de bord de piste sont disposés tous les 30 m de part et d'autre de la piste, environ 1 m à l'extérieur de la surface utile de la piste. Ils sont blancs jusqu'à 600 m avant l'extrémité de la piste et à partir de là ils sont couleur ambre.

1.10.3 Règlement d'exploitation

Au moment de l'accident, la procédure d'exploitation à moindre bruit (NAP) de l'aéroport de Zurich était déterminante pour l'attribution des pistes de décollage et d'atterrissage, en particulier les dispositions sur les décollages avant 07:00 LT et après 21:00 LT. En hiver, l'heure locale suisse (LT) est en avance d'une heure par rapport au temps universel coordonné (UTC), autrement dit: $LT = UTC + 1h$. Le règlement d'exploitation avait en outre été modifié le 19 octobre 2001 pour les atterrissages avant 06:00 et après 22:00 LT en vertu des dispositions transitoires d'un traité germano-suisse en phase de ratification en automne 2001.

Le règlement d'exploitation de l'aéroport de Zurich se présentait donc comme suit en ce qui concerne l'utilisation des pistes:

Heure (LT)/Vent	Direction imposée	Restrictions/ Remarques
05:30 – 06:00 h	Atterrissage: approche standard VOR/DME piste 28 Décollage: aucun	Minima selon AIP. Si les minima n'étaient pas remplis, les pistes 16 et 14 pouvaient être utilisées pour les atterrissages.
06:00 – 07:00 h	Atterrissage: piste 16 pour tous les avions Décollage: piste 34 pour les avions à réaction Décollage: piste 28 pour les avions à hélices	Entre 06:30 et 07:00, quatre décollages d'avions à réaction étaient autorisés de la piste 28.
07:00 – 22:00 h	Atterrissage: piste 14 pour tous les avions	
07:00 – 21:00 h	Décollage: piste 28 pour tous les avions	Décollages possibles de la piste 16 en cas de manque de capacités sur la piste 28.
07:00 – 08:30 h 09:45 – 13:00 h 18:30 – 21:00 h	Décollage: piste 16 autorisée pour tous les avions	Possibilité d'augmenter les capacités.

Après 21:00 h	Décollage: piste 34 pour les avions à réaction Décollage: piste 28 uniquement pour les avions à hélices	
Après 22:00 h	Atterrissage: approche standard VOR/DME piste 28 La piste 16 pouvait être utilisée par les avions de la catégorie <i>heavy</i> et les B757.	Minima selon AIP. Si les minima n'étaient pas remplis, les pistes 16 et 14 pouvaient être utilisées pour les atterrissages.
Vent d'ouest	Décollage: piste 32 Atterrissage: piste 28	
Bise	Décollage: piste 10 Atterrissage: piste 14	Décollages possibles de la piste 16 en cas de manque de capacités sur la piste 10.

1.10.4 Service de sauvetage et service du feu

L'aéroport de Zurich est doté de moyens de lutte contre l'incendie Catégorie 9. Le concept d'exploitation garantit la présence des forces d'intervention en tout point de l'aéroport dans les deux, maximum trois minutes. Dans ce but, le corps des sapeurs-pompiers occupe deux postes principaux – poste de garde «Basis» et satellite «Nord» – qui disposent tous deux de moyens d'extinction conformes aux recommandations de l'OACI. Il existe en outre un avant-poste satellite «A» (à l'extrémité ouest de la jetée A) doté d'une autopompe-citerne universelle.

Le corps des sapeurs-pompiers professionnels de l'aéroport est constamment en état d'alerte pendant les heures d'exploitation. En cas d'accident, les forces d'intervention peuvent rester en contact permanent avec la tour de contrôle et avec la police grâce à un équipement de télécommunication approprié.

1.11 Enregistreurs de bord

1.11.1 Enregistreur numérique des données de vol (DFDR)

1.11.1.1 Descriptif technique

Le système d'enregistrement de bord *Fairchild F1000* se composait d'un enregistreur numérique de données de vol (DFDR) et d'un accéléromètre triaxial.

Les données des divers systèmes et des capteurs de l'avion étaient interrogées dans un ordre prédéfini, puis elles étaient transmises au DFDR. Toutes les données, qu'elles soient analogiques ou numériques, étaient enregistrées numériquement dans le DFDR selon une séquence prédéfinie. Avant qu'il soit possible d'analyser ces données, elles doivent être reconverties en unités usuelles (caps en degrés, altitudes en pieds, etc.) par un ordinateur externe.

Le DFDR était installé dans la queue de l'avion accidenté. Il enregistrait les données dans une unité de mémoire placée dans un coffret anti-chocs et anti-feu, capable de

résister à la chute de l'aéronef. L'unité de mémoire pouvait enregistrer 64 paramètres (*words*) sur une cinquantaine d'heures. Lorsqu'elle était pleine, les données les plus anciennes étaient automatiquement effacées par les plus récentes.

L'accéléromètre triaxial se trouvait au milieu du fuselage. Il enregistrait les accélérations sur les trois axes de l'avion.

Plusieurs potentiomètres étaient utilisés comme capteurs de débattements des commandes. Les «états discrets» (p. ex. train sorti) étaient enregistrés au niveau de la position des interrupteurs.

Le DFDR commençait à enregistrer dès que l'un des moteur était mis en route et que le frein de parc était relâché.

1.11.1.2 Entretien et surveillance

Le DFDR avait été contrôlé conformément à la fiche de travail du manuel d'entretien lors du dernier contrôle phase B, le 12 septembre 2001.

1.11.1.3 Faits établis

Le DFDR Fairchild F1000, P/N S703-1000-00, S/N 00548 a été extrait de l'épave de l'avion la nuit même de l'accident. Il était légèrement endommagé à l'extérieur.

1.11.2 Enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR)

1.11.2.1 Descriptif technique

Le système d'enregistrement des voix Sundstrand se composait d'un CVR modèle AV557C, d'un boîtier de commande des microphones et d'un microphone d'ambiance (CAM). Le CVR était logé dans la queue de l'avion, le boîtier de commande était monté dans la planche de bord latérale droite et le CAM était intégré dans le tableau frontal.

L'appareil d'enregistrement intégré était un CVR analogique équipé d'une bande magnétique sans fin d'une durée d'enregistrement de 30 min à quatre pistes (canaux): P1, P2, PA et CAM. Il comportait trois têtes magnétiques montées en série: tête d'effacement, tête d'enregistrement, tête de lecture. Avant l'enregistrement, la bande était effacée par la tête d'effacement conventionnelle. La tête de lecture placée après la tête d'enregistrement servait à des fins de test (contrôle d'écoute). La bande magnétique se trouvait dans un coffret anti-chocs et anti-feu.

Les canaux P1 et P2 enregistraient les conversations du commandant respectivement du copilote par le biais de leur micro-girafe (ou du microphone à main). Le canal CAM enregistrait les conversations et les bruits à l'intérieur du poste de pilotage. Le canal PA servait à enregistrer les annonces transmises par le système de communication aux passagers.

Lorsque l'avion est stationné après un vol, le pilote peut effacer toute la bande magnétique du CVR (démagnétisation). Cet effacement total est obtenu au moyen d'un électroaimant qui recouvre toute la bande et envoie un signal de 400 Hz qui rend les enregistrements inutilisables. Cet effet s'obtient en appuyant pendant au moins 2 s sur le bouton d'effacement qui se trouve sur le boîtier de commande du CVR. Le signal de 400 Hz est effacé à son tour, à l'instar des anciens enregistrements, avant tout nouvel enregistrement.

Lorsqu'on appuie sur le bouton de test du boîtier de commande du CVR, un signal séquentiel de 600 Hz est enregistré sur les quatre pistes. Le contrôle d'écoute fait alors bouger quatre fois l'instrument de visualisation. Le signal de 600 Hz peut également être écouté en branchant un écouteur sur le boîtier de commande du CVR.

1.11.2.2 Entretien

Le CVR a été réparé par une entreprise d'entretien externe en février 2000. Il a été remplacé dans le HB-VLV le 24 février 2000. Par la suite, selon les fiches de travail fournies, la société Airbase Ltd. a soumis ce CVR à plusieurs contrôles de fonctionnement, la dernière fois le 12 septembre 2001. Sur ces fiches de travail, l'exécution des contrôles prescrits est à chaque fois attestée par une signature. Aucune observation n'y figure.

1.11.2.3 Contrôle du fonctionnement par l'équipage

Selon la liste de vérifications *C560 HB-VLV* de la compagnie Eagle Air Ltd. datée de juillet 1997, le fonctionnement du CVR doit être contrôlé avant chaque vol.

Pendant vingt mois, soit depuis l'enregistrement du vol du 12 avril 2000, le système CVR n'a fait l'objet d'aucun signalement de la part des pilotes d'Eagle Air Ltd.

1.11.2.4 Faits établis

Le CVR Sundstrand AV557C, P/N 980-6005-077, S/N 11747 a été extrait de l'épave de l'avion la nuit même de l'accident. Il présentait de légers dégâts externes.

Le CVR ne comportait aucun enregistrement concernant le vol fatal. Les conversations des pilotes que l'on pouvait entendre sur la bande magnétique remontaient à un vol du 12 avril 2000. C'est donc à cette date qu'a été effectué le dernier enregistrement, soit environ 20 mois avant l'accident.

Éléments constatés à l'ouverture de l'appareil:

- La bande magnétique était déchirée en trois endroits. L'enquête a montré que la bande s'était déchirée durant l'accident.
- La courroie reliant le moteur au rouleau de transport de la bande magnétique avait glissé de la bobine d'entraînement, rendant tout nouvel enregistrement impossible. Cette avarie n'a pas été causée par l'accident.

1.12 Renseignements sur l'impact et sur l'épave

1.12.1 Impact

Juste avant le premier impact avec le sol, l'avion volait au cap 350° et sa vitesse sol était d'environ 200 kt. Des études menées sur les traces relevées sur les débris de la structure du fuselage arrière, soit la partie qui a touché le sol en premier, ont conclu que l'avion se trouvait dans une manœuvre de rétablissement. Les derniers enregistrements DFDR confirment le début de cette action. L'analyse des traces a aussi montré que lors du premier impact, l'avion était légèrement cabré (1-5° ANU) et qu'il présentait un roulis d'environ 5° sur le côté droit.

Après le premier impact, l'appareil commença à être ballotté autour des axes de tangage et de roulis, touchant plusieurs fois le sol gelé. Lors de ces rebonds, le fuselage arrière, les réacteurs de même que les ailes se sont détachés de l'avion.

Le champ de débris s'étendait du premier impact jusqu'au point de chute du fuselage sur la piste 14, soit sur environ 500 m. Les débris se sont répandus sur une largeur de 80 m.

L'examen des débris de l'avion a montré que lors de l'impact, le train d'atterrissage et les volets étaient rentrés. Ces observations ont été confirmées par les enregistrements DFDR.

1.12.2 Champ de débris

Le premier impact de l'avion avec le sol a eu lieu sur un chemin pédestre situé au nord du satellite «Nord» du corps des sapeurs-pompiers. Aucun cratère ne s'est formé à cet endroit en raison de la dureté du sol gelé.

Le champ de débris s'étendait du premier impact avec le sol jusqu'au milieu de la piste 14/32. Les débris étaient éparpillés sur une surface plane d'environ 40 000 m².

Pour établir une documentation, le champ de débris a été subdivisé en secteurs. L'emplacement des débris de grande taille a été relevé et certaines parties de l'épave ont été photographiées.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1 Commandant

1.13.1.1 Anamnèse et résultats des examens médicaux

Selon les renseignements fournis par le médecin de confiance compétent, le commandant ne souffrait d'aucune maladie ayant pu jouer un rôle dans cet accident.

1.13.1.2 Résultats des examens médico-légaux

Les conclusions de l'expertise médico-légale sont les suivantes:

Du fait de leur gravité, les blessures – écrasement de tous les organes internes, multiples fractures osseuses et brûlures sur une partie du corps – ont entraîné le décès immédiat. Aucun indice permettant de conclure à une maladie préexistante n'a été découvert.

Les examens toxicologiques (alcool, drogues, monoxyde de carbone et calmants) effectués sur les prélèvements de sang et d'urine ont aussi donné des résultats négatifs. Par ailleurs, aucune trace de fumées n'a été relevée dans les poumons.

Le pilote (clairement identifié comme *nom prénom* par le test ADN) est décédé sur le coup des suites de ses blessures.

1.13.2 Copilote

1.13.2.1 Anamnèse et résultats des examens médicaux

Selon les renseignements fournis par le médecin de confiance compétent, le copilote ne souffrait d'aucune maladie ayant pu jouer un rôle dans cet accident.

Il portait occasionnellement des lunettes mais remplissait les critères d'aptitude au vol également sans prothèse optique, raison pour laquelle sa licence ne comportait aucune inscription à ce sujet.

1.13.2.2 Résultats des examens médico-légaux

Les conclusions de l'expertise médico-légale sont les suivantes:

Du fait de leur gravité, les blessures – écrasement de tous les organes internes, multiples fractures osseuses et brûlures sur une partie du corps – ont entraîné le décès immédiat. Aucun indice permettant de conclure à une maladie préexistante n'a été découvert.

Les examens toxicologiques (alcool, drogues, monoxyde de carbone et calmants) effectués sur les prélèvements de sang et d'urine ont aussi donné des résultats négatifs. Par ailleurs, aucune trace de fumées n'a été relevée dans les poumons.

Le copilote (clairement identifié comme *nom prénom* par le test ADN) est décédé sur le coup des suites de ses blessures.

1.14 Incendie

L'avion a pris feu à une quinzaine de mètres après le premier impact. La partie avant du fuselage brûlait lorsqu'il s'est immobilisé sur la piste 14/32.

Ni l'analyse des traces, ni aucun autre élément technique n'indiquent qu'un incendie se serait déclaré à bord de l'avion avant le premier impact avec le sol.

Au moment de l'accident environ 3000 lbs, soit 1700 l de carburant se trouvaient à bord.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1 Chances de survivre à l'accident

Le crash s'est produit à grande vitesse et sur un sol gelé. Il était dès lors impossible à l'équipage de survivre aux forces subies.

1.15.2 Alarme et sauvetage

Le vol EAB 220 a décollé de la piste 34 à 21:06 UTC. Peu après, le contrôleur d'aérodrome (ADC) lui a demandé de passer sur la fréquence du contrôle d'approche Ouest (APW), c'est-à-dire 118,000 MHz.

Quelques instants plus tard, le contrôleur d'aérodrome a vu l'écho radar de ce vol s'éteindre sur son écran de contrôle. Après trois appels adressés au vol EAB 220 et une demande infructueuse à APW au sujet du vol EAB 220, il a déclenché l'alarme générale. Il était 21:08 UTC.

Peu après le décollage du vol EAB 220, des membres du corps des sapeurs-pompiers stationnés au satellite «Nord» ont entendu un bruit inhabituel d'avion volant à basse altitude, suivi d'un bruit de crash et d'une lueur d'incendie. Après le déclenchement de l'alarme générale, les pompiers de l'aéroport sont entrés en action, appuyés par les sapeurs-pompiers locaux d'Opfikon et de Kloten.

La première intervention a été menée par la section d'extinction «Nord». Elle a ensuite reçu l'appui de la section d'extinction «Basis» et de la section de sauvetage. Des barrages contre les hydrocarbures ont également été érigés. Après avoir maîtrisé l'incendie, les pompiers ont constaté le décès des deux occupants.

L'intervention des sapeurs-pompiers a duré jusqu'à 03:00 UTC du jour suivant. Les opérations de récupération se sont poursuivies de jour.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Analyse des traces

Des analyses des traces ont été menées sur 72 pièces mécaniques, électromécaniques et électroniques.

1.16.2 Décrochage dû au givrage

Une analyse comparative des données du vol examiné avec celles d'autres vols effectués dans les mêmes conditions n'ont mis en évidence aucune différence substantielle en ce qui concerne les débattements des gouvernes, l'accélération, l'accélération verticale et l'assiette pendant la phase initiale du vol de montée. Les enregistrements DFDR ont permis d'écarter l'hypothèse d'un décrochage.

Une autre recherche a consisté à déterminer dans quelle mesure le givrage pouvait modifier l'aérodynamique de l'avion de manière à ce que des débattements identiques des gouvernes puissent induire des trajectoires de vol différentes (voir chap. 1.19).

1.16.3 Examen du boîtier de commande et de visualisation GNS-XLS

Le constructeur du boîtier de commande et de visualisation GNS-XLS a confirmé aux enquêteurs que cet appareil peut enregistrer des données relatives aux fréquences sélectionnées et au plan de vol saisi, mais que celles-ci disparaissent en cas de panne de l'alimentation électrique.

En revanche, les fréquences sélectionnées sont enregistrées dans les boîtiers de commande NAV et COM, qu'elles aient été saisies sur le boîtier de commande du NMS ou sur l'un des deux boîtiers de commande précités.

1.16.4 Examen des boîtiers de commande VHF NAV et VHF COM

L'analyse des mémoires non volatiles des boîtiers de commande VHF COM a donné les résultats suivants:

- VHF COM #1: la dernière fréquence sélectionnée est 128,525 MHz (ATIS à Zurich)
- VHF COM #2: la dernière fréquence sélectionnée est 118,000 MHz (contrôle d'approche à Zurich)

L'analyse des boîtiers de commande VHF NAV #1 et #2 n'a pas été concluante car les dernières fréquences NAV sélectionnées n'ont pas pu être déterminées.

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 Entreprise de transport aérien

1.17.1.1 Généralités

Texte original:

Die Firma Eagle Air Ltd. Air Charter + Taxi war ein kleines Flugbetriebsunternehmen, das von seinem Gründer geleitet wurde. Neben seiner Position als Geschäftsführer stand er auch den Bereichen Technik, Administration und Flugbetrieb vor und flog ebenfalls als Kommandant im Unternehmen. Die Position des Chefpiloten hatte er einer anderen Person zugewiesen.

Der große Kostendruck in der gesamten Branche der Bedarfsluftfahrtunternehmen galt auch für die Eagle Air Ltd., die einem starken Konkurrenzdruck ausgesetzt war.

Traduction:

Eagle Air Ltd. Air Charter + Taxi était une petite entreprise de transport aérien gérée par son fondateur. Dans sa position de dirigeant, il était également responsable des domaines Technique, Administration et Exploitation aérienne. Il pilotait aussi au sein de l'entreprise avec le rang de commandant. Il avait confié la fonction de chef pilote à une autre personne.

A l'instar des autres transporteurs actifs sur le marché des vols affrétés, en proie à une forte pression sur les coûts, Eagle Air Ltd. devait faire face à une âpre concurrence.

1.17.1.2 Autorisation d'exploitation basée sur le manuel d'exploitation (FOM) selon l'ORE I

Eagle Air Ltd. a reçu une première autorisation d'exploitation pour le transport commercial de personnes et de marchandises en 1987. Celle-ci a été renouvelée pour la première fois en 1992.

L'autorisation générale d'exploitation a une fois de plus été renouvelée le 22 décembre 1997 sur la base d'une inspection fondée sur l'art. 27 LA et sur l'art. 103 OSAV, qui avait eu lieu le 9 décembre 1997.

1.17.1.3 Certificat d'exploitant aérien (AOC) selon JAR-OPS 1

L'entreprise Eagle Air Ltd. n'était pas certifiée selon JAR-OPS-1.

En 2002, la société Eagle Air Ltd. est devenue Swiss Eagle SA, une société opérant sur la base d'une autorisation d'exploitation délivrée le 23 octobre 2002, toujours en vertu de l'ORE I.

L'autorisation d'exploitation selon JAR-OPS 1 lui a été délivrée le 7 mai 2004.

1.17.1.4 Structure de l'entreprise

Texte original:

Die Strahlflugzeugflotte der Firma Eagle Air Ltd. bestand aus einer Cessna CE 550 Citation II und einer Cessna CE 560 Citation V.

Das Flugbetriebsunternehmen beschäftigte drei fest angestellte Flugzeugführer sowie zwei Piloten auf halben Stellen. Die anderen für das Unternehmen arbeitenden Flugzeugführer waren freiberufliche Mitarbeiter.

Eagle Air Ltd. war zum Zeitpunkt des Unfalls nicht nach JAR-OPS 1 zertifiziert.

Traduction:

La flotte d'avions à réaction de l'entreprise Eagle Air Ltd. se composait d'un Cessna CE 550 Citation II et d'un Cessna CE 560 Citation V.

L'entreprise employait trois pilotes à plein temps et deux pilotes à mi-temps. Les autres pilotes travaillaient pour le compte de l'entreprise avec le statut d'indépendant.

A l'époque de l'accident, Eagle Air Ltd. n'était pas certifiée selon JAR-OPS 1.

1.17.1.5 Procédure de sélection des pilotes

Texte original:

Bei der Rekrutierung neuer Flugzeugführer wurde auf standardisierte Auswahlverfahren zur Überprüfung der fachlichen und persönlichen Eignung verzichtet. Der Entscheid zur Übernahme eines Bewerbers in die Position eines Flugzeugführers wurde vom Geschäftsführer auf der Grundlage eines Gesprächs zwischen ihm und dem Piloten gefällt.

Traduction:

Pour recruter de nouveaux pilotes, l'entreprise avait décidé de ne pas recourir à une procédure de sélection standardisée pour contrôler les compétences professionnelles et personnelles des candidats. La décision d'engager une personne comme pilote était prise par le directeur, après un entretien entre ce dernier et le candidat.

1.17.1.6 Ambiance de travail

Texte original:

Das Arbeitsklima war laut Aussagen von Flugzeugführern des Unternehmens durch den autoritären Führungsstil des Geschäftsführers geprägt, der engen telefonischen Kontakt zu seinen Flugzeugführern während deren Einsätze hielt. Es war nicht ungewöhnlich, dass er ihnen auch während der Flugeinsätze konkrete Handlungsanweisungen vorgab.

Unregelmässige Flugeinsätze und hohe Arbeitsbelastungsspitzen gehören in diesem Geschäft zum Alltag und zehren an den Kräften der beanspruchten Piloten. Dieses galt auch für die Piloten der Eagle Air Ltd. und insbesondere den hier betroffenen Kommandanten.

Die Copiloten flogen nicht gerne mit dem Geschäftsführer, der selbst als Kommandant auf seinen Flugzeugen agierte, da er von ihnen aufgrund seiner dominanten und nicht teamorientierten Verhaltensweise als anstrengend erlebt wurde. Sein Führungsverhalten stand im Kontrast zur CRM-Philosophie. Mit den Leistungen der für sein Unternehmen fliegenden Copiloten war er häufig nicht zufrieden, was er ihnen auch vermittelte.

Traduction:

Selon les dépositions des pilotes de l'entreprise, l'ambiance de travail était marquée par le style de conduite autoritaire du directeur, qui restait toujours en contact téléphonique avec ses pilotes durant leurs voyages. Il n'était pas rare qu'il leur donne des instructions concrètes durant les périodes de service.

Dans ce type d'activité commerciale, l'irrégularité du travail et les pics d'activité sont la règle, ce qui met les nerfs des pilotes à rude épreuve. Cette situation était donc aussi valable pour les pilotes d'Eagle Air Ltd. et en particulier pour le commandant de l'avion accidenté.

Horizontal visibility

<i>Runway lighting</i>	<i>Aircraft category</i>		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>NIL (day only)</i>	<i>500 m</i>	<i>600 m</i>	<i>600 m</i>
<i>RWY Edge lights</i>	<i>400 m</i>	<i>400 m</i>	<i>400 m</i>
<i>RWY Edge lights or centerline lights</i>	<i>250 m</i>	<i>300 m</i>	<i>300 m</i>
<i>RWY Edge and centerline lights</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>

FOM 15.01.02. – 220 Removal of snow and ice on the ground from the aircraft

Removal of snow and ice on the ground has to be made in accordance with PIC's instructions. Whenever necessary, ground staff shall be advised on aircraft de-icing procedures and a close supervision shall be maintained.

If the aircraft has been sprayed with de-icing to remove snow and ice, the PIC delegated crew member shall instruct the ground crew to arrange that no water enters or is left in static ports or other air intakes where it can easily freeze

Before embarking, the PIC shall make a general inspection of the aircraft and coordinate with the supervisor that the aircraft is not released for taxiing before all frost, snow or ice on any part of the aircraft, which may adversely affect its performance or operation, has been removed.

As a guiding rule, take-off with even the smallest amount of ice or frost on any part of the aircraft must not be attempted.

Dry snow shall not be left to blow off during the take-off run.

After snow removal, the tail section and the wings of the aircraft must remain completely clean while the forward section of the fuselage may not get more than 0,5 cm of fresh snow before take-off.

If these conditions cannot be met, snow/ice removal and anti-icing spraying has to be done in the hangar.

After completion of de-icing it is important that take-off is made as soon as possible, therefore, the PIC shall arrange with the control tower, crew and ground personnel that everything is prepared beforehand to reduce the time from starting engines to actual take-off.

1.17.1.8 Directive interne concernant le dégivrage

Sur ce sujet, le directeur a déclaré ceci:

Texte original:

„Jedes Flugzeug verfügt über entsprechendes Enteisungsmittel, einer Fünfliter-Bombe, zudem über einen Schaber, mit Verlängerung bis ca. 2.50 m und 60 cm breit. Das Eis am Flügel, Schwanz wird mit dem Mittel eingesprüht. Man erreicht mit dem Schaber alle Stellen. Alle Flugzeuge führen auch einen Fusstritt mit. Viele Plätze haben keine facilities. Wenn das Flugzeug vorher geflogen ist, reicht diese Ausrüstung längstens. Nur wenn das Eis dick ist, wenn es z.B. regnet über Nacht, wird in Bern der Enteisungswagen der [Name der Handlingfirma] beigezogen oder wo immer das Flugzeug steht wird es hangariert zum Auftauen.“

Traduction:

«Chaque avion est doté de moyens de dégivrage appropriés, d'une bombonne de cinq litres et aussi d'un racloir de 60 cm de large avec manche télescopique jusqu'à 2,5 m environ. Pour enlever la glace sur les ailes et sur l'empennage, on vaporise le produit. Avec le racloir on peut atteindre tous les endroits. Dans chaque appareil il y a aussi un escabeau. Beaucoup d'aérodromes n'ont pas d'installations appropriées. Cet équipement est largement suffisant lorsque l'avion a volé auparavant. C'est seulement lorsque la glace est épaisse, par exemple lorsqu'il a plu durant la nuit, que nous utilisons le véhicule de dégivrage de [nom de l'entreprise] lorsque l'avion est à Berne ou, s'il est ailleurs, nous rentrons l'avions dans un hangar pour le dégivrer.»

1.17.1.9 Directives d'exploitation du Cessna CE 560 Citation V

1.17.1.9.1 Feux anticollision

La liste de vérifications *C560 HB-VLV* de la compagnie Eagle Air Ltd. est basée sur le manuel de vol (AFM) en vigueur.

La documentation de l'entreprise ne contient aucune procédure standard d'opération en vol (SOP) pour le Cessna CE 560, dans laquelle chaque point de la liste de vérifications serait décrit plus en détail.

La liste de vérifications pour l'alignement (*line-up checklist*) comporte un aspect significatif pour l'accident. Au point *Anticollision and landing lights* on peut lire la remarque suivante: *On/as required*.

L'AFM comporte la précision suivante au chapitre III *Operating Procedures, Normal Procedures*, au contrôle *Before Takeoff*, point *Anti-Collision Lights and Recognition Lights – ON*:

NOTE

Do not operate the anti-collision lights in conditions of fog, clouds or haze as the reflection of the light beam can cause disorientation or vertigo

1.17.1.9.2 Régime de ralenti au sol

Le régime ralenti des attelages haute pression (N2) ainsi que les tolérances admises figurent dans l'AFM au chapitre III *Operating Procedures, Normal Procedures*.

Régime (N2)	Tolérance
<i>gnd idle</i> NORM: min. 46,0 %	+1,0 %/-0 %
<i>gnd idle</i> HIGH: min. 52,0 %	±0,5 %

Le régime figurant dans la liste de vérifications *C560 HB-VLV* de la compagnie Eagle Air Ltd. diverge de ces valeurs comme suit:

Régime (N2)	Tolérance
<i>gnd idle</i> NORM: min. 49 % - 50 %	aucune donnée
<i>gnd idle</i> HIGH: min. 52 % - 53 %	aucune donnée

On constate aussi que la procédure de mise en marche des réacteurs diverge de celle prescrite dans l'AFM au point de contrôle «régime ralenti».

1.17.1.9.3 Procédure de décollage du Cessna 560

La procédure de décollage n'est pas détaillée dans l'AFM. Ce processus est décrit de la manière suivante dans le manuel de formation des pilotes de l'entreprise FlightSafety International:

Sample Pretakeoff Briefing:

Figures GEN-1 (app. 5.2) and GEN-2 show accepted Citation V takeoff profiles

Accomplish the following briefing prior to requesting takeoff clearance:

- 1. "This will be a (static or rolling) takeoff with flaps set at (state flap position)."
(mention anti-ice if required.)*
- 2. "I will advance the throttles, and you set takeoff power."*
- 3. "Call Airspeed alive, '70 kts', 'V₁', 'rotate', 'V₂' and 'positive rate'."*
- 4. "Monitor all engine instruments and the annunciator panel during takeoff. At the '70 kts' call, cross-check both airspeed indicators."*
- 5. "In the event of a serious malfunction prior to V₁, call 'abort'." (Captain may reserve authority to call abort)*
- 6. "If a malfunction occurs at or after V₁, we will continue the takeoff. Advise me of the malfunction, and we will handle it as an in-flight emergency. Plan to fly (state intentions)"*
- 7. "Departure instructions are (state intentions). The nav aids are set to..."*
- 8. "Any questions?"*

Normal Takeoff:

At V_R, the pilot will rotate the aircraft to a 10° noseup attitude on the ADI and, when a positive rate of climb is indicated, retract the gear. As the airspeed increases through a minimum of V₂ + 10 kts (V_{FS}), retract the flaps. Continue to accelerate to normal climb speed, and complete the After Takeoff-Climb checklist.

1.17.1.9.4 Dégivrage au sol et opérations anti-givrage

L'AFM recommande les opérations de dégivrage suivantes au chapitre IV *Advisory Information*:

During cold weather operations, flight crews are responsible for ensuring the airplane is free of ice contaminants.

Ground icing may occur whenever there is high humidity with temperatures of +10 °C or colder. Type I deice, and Type II or Type IV anti-ice fluids may be used sequentially to ensure compliance with FAA regulations (clean wing concept) requiring critical component airframe deicing and anti-icing.

NOTE

It is recommended that flight crews refamiliarize themselves seasonally with the following publications for expanded deice and anti-ice procedures:

- Cessna Maintenance Manual Chapter 12.*
- FAA Advisory Circular AC 120-58 (large aircraft), dated September 30, 1992 or later.*

- *FAA Advisory Circular AC 135-17 (small aircraft), dated December 14, 1994 or later.*
- *Cessna Citation Service Letter SL560-30-08, dated May 29, 1998, or later.*

DEICING/ANTI-ICING PROCEDURES (TYPE I, TYPE II, AND TYPE IV FLUIDS)

ONE STEP DEICING – Type I fluid is used to remove ice, slush and snow from the airplane prior to departure, and to provide minimal anti-icing protection, as provided in the Type I holdover timetable (refer to applicable service letter).

TWO STEP DEICE/ANTI-ICE – May be used to ensure the airplane remains clean after deicing. Type II or Type IV fluid is used to provide longer term anti-icing protection, as provided in the Type II or Type IV holdover timetable (refer to applicable service letter).

CAUTION

TYPE I, TYPE II, AND TYPE IV FLUIDS ARE NOT COMPATIBLE AND MAY NOT BE MIXED. ADDITIONALLY, MOST MANUFACTURERS PROHIBIT MIXING OF BRANDS WITHIN A TYPE.

Line personnel should be supervised by the PIC or SIC to ensure proper application of deice or anti-ice, fluids. Refer to figures 7-5 and 7-6.

NOTE

The first area to be deiced/anti-iced should be easily visible from the cabin/cockpit and should be used to provide a conservative estimate for unseen areas of the airplane before initiating takeoff roll.

Holdover timetables (refer to applicable service letter) are only estimates and vary depending on many factors which include temperature, precipitation type, wind and airplane skin temperature. Holdover times are based on mixture ratio. Times start when the last application begins.

Guidelines for holdover times anticipated by SAE Type I, Type II, or Type IV, and ISO Type I, Type II, or Type IV fluid mixtures are a function of weather conditions and outside air temperature (OAT).

CAUTION

- *AIRPLANE OPERATORS ARE SOLELY RESPONSIBLE FOR ENSURING HOLDOVER TIMETABLES CONTAIN CURRENT DATA.*
- *TABLES ARE FOR USE IN DEPARTURE PLANNING ONLY AND THEY SHOULD BE USED IN CONJUNCTION WITH PRETAKEOFF CONTAMINATION CHECK PROCEDURES.*

NOTE

- *Tables do not apply to other than SAE or ISO Type I, Type II or Type IV FPD fluids.*
- *The responsibility for the application of this data remains with the user.*
- *The freezing point of Type I, Type II, and Type IV fluid mixture must be at least 10 °C (18 °F) below the current OAT.*

SPRAYING TECHNIQUE – TYPE I FLUID

Type I fluid should be sprayed on the airplane (with engines off) in a manner which minimizes heat loss to the air. If possible, fluid should be sprayed in a solid cone pattern of large coarse droplets at a temperature of 160 ° to 180 °F. The fluid should be sprayed as close as possible to the airplane surfaces, but not closer than 10 feet if a high pressure nozzle is used. Refer to Figures 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced and anti-iced.

SPRAYING TECHNIQUE – TYPE II FLUID

Application techniques for Type II fluid are the same as for Type I, except that since the airplane is already clean, the application should last only long enough to properly coat the airplane surfaces. Refer to Figure 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced/anti-iced.

Type II, fluid should be applied cold to a “clean” airplane. It is, however, sometimes heated and sprayed as a deicing fluid. For this case, it should be considered a Type I fluid, as the heat may change the characteristics of the thickening agents in the fluid. Type II fluid, therefore, applied in this manner, will not be as effective as if it were applied cold.

SPRAYING TECHNIQUE – TYPE IV FLUID

Application techniques for Type IV fluid are the same as for Type I, except that since the airplane is already clean, the application should last only long enough to properly coat the airplane surfaces. Refer to Figure 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced/anti-iced.

Type IV, fluid should be applied cold to a “clean” airplane. It is, however, sometimes heated and sprayed as a deicing fluid. For this case, it should be considered a Type I fluid, as the heat may change the characteristics of the thickening agents in the fluid. Type IV fluid, therefore, applied in this manner, will not be as effective as if it were applied cold.

NOTE

- *Holdover time starts when last application has begun.*
- *Some Type IV fluids could form a thick or high-strength gell during “dry-out” and when rehydrated form a slippery film.*
- *Some Type IV fluids exhibit poor aerodynamic elimination (flow-off) qualities at colder temperatures.*
- *Heated areas of aircraft (i.e.; heated leading edge) should be avoided due to the fact that fluid may “dry-out” into hard globular nodules.*
- *Type IV fluid should not be used undiluted below -24 °C (-11 °F).*

PRETAKEOFF CONTAMINATION CHECK – GROUND ICING CONDITIONS

When ground icing conditions are present, a pretakeoff contamination check should be conducted by the PIC/SIC within 5 minutes prior to takeoff, preferably just prior to taxiing onto the active runway. Critical areas of the airplane such as empennage, wing, windshield and control surfaces should be checked to ensure they are free of ice, slush and snow or that the deice/anti-ice fluids are still protecting the airplane. Refer to Figure 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced/anti-iced.

1.17.2 Entreprise d'entretien

L'OFAC a délivré sa première licence d'entreprise d'entretien d'aéronefs à Airbase Ltd. le 11 janvier 1990.

Une demande de certification selon JAR-145 a été déposée le 9 juillet 1992 par un nouveau directeur agissant en qualité d'*accountable manager*.

Le 17 novembre 1994, ce directeur a racheté l'entreprise Airbase Ltd., Belp.

Le 2 décembre 1994, l'OFAC lui a délivré une première recommandation en vue de l'octroi d'une licence d'entreprise d'entretien selon OPEA/JAR-145 (*JAA Form six Part four*).

A partir de 1995, l'OFAC a réalisé plusieurs audits de l'entreprise afin de vérifier sa conformité avec les critères OPEA/JAR-145. Les recommandations pour un renouvellement de la licence d'entreprise d'entretien selon JAR-145 (*JAA Form six Part four*) ont été établies respectivement le 6 janvier 1998 avec 9 annotations et le 10 février 2000 avec 23 annotations.

Airbase Ltd. ne comptait aucun employé licencié pour les travaux sur les installations électriques et électroniques. Elle recourait donc à du personnel licencié d'une entreprise tierce pour réaliser ce type de mandats.

Jusqu'à la fin de l'enquête, l'entreprise de transport aérien Eagle Air Ltd. et l'entreprise d'entretien Airbase Ltd. n'ont pas été en mesure de fournir les documents suivants concernant des travaux effectués sur l'avion HB-VLV:

- Fiches de travail, rapports d'étalonnage et de vols d'essai suite à la modification de la prise d'angle d'incidence, conformément au SB 560-34-70 (cf. ch. 1.6.10.1).
- Attestation de navigabilité (*form one*) pour le gyroscope vertical installé (*remote vertical gyro*): une copie de celle-ci a été délivrée par la société Airbase Ltd. avec la prise de position du 13 décembre 2004 relative à la version provisoire du rapport d'enquête du BEAA.
- Fiches de travail et rapports sur les essais au sol nécessaires après le changement d'un réacteur: une copie de ceux-ci a été délivrée par la société Airbase Ltd. avec la prise de position du 13 décembre 2004 relative à la version provisoire du rapport d'enquête du BEAA.
- Fiches de travail et dossiers de toutes les réparations exécutées.

1.17.3 Autorité de surveillance

1.17.3.1 Généralités

La législation aéronautique suisse s'inspire des recommandations de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Les entreprises de transport aérien effectuant des vols commerciaux sont en outre soumises aux exigences et aux règles des Autorités Conjointes de l'Aviation (JAA) qui ont été reprises dans le droit national.

Selon la loi fédérale sur l'aviation (LA), le Conseil fédéral a la surveillance de l'aviation sur tout le territoire de la Confédération. La surveillance immédiate de l'aviation civile incombe à l'Office fédéral de l'aviation civile, qui est une unité du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication.

1.17.3.2 Structure

Au moment de l'accident, l'effectif de l'OFAC était d'environ 150 personnes. Début 2001, un projet de réorganisation visant une structure axées sur les processus a été mis en œuvre. Selon cette nouvelle structure, l'organisation de l'OFAC s'articule autour de trois axes. Le premier est celui des activités opérationnelles, matérialisé par sept «processus». Le deuxième est celui représenté par les «centres de compétences», qui sous-tendent en quelque sorte l'activité des processus. Les collaborateurs de ces unités sont intégrés dans les équipes des processus, qui bénéficient ainsi directement des connaissances spécifiques des centres de compétences pour fournir leurs produits. Le troisième axe est celui de la direction de l'office, avec les unités de soutien qui remplissent des fonctions transversales et assurent le bon fonctionnement de l'organisation.

Les processus suivants ont été analysés en rapport avec l'accident du vol EAB 220:

- Processus Planification de l'infrastructure (IP) – A l'aide du Plan Sectoriel de l'Infrastructure Aéronautique (PSIA), ce processus gérait le développement des infrastructures de l'aviation civile en Suisse. Les conceptions et les plans de l'infrastructure comprenaient notamment les plans de radionavigation et des fréquences ainsi que la gestion de la structure de l'espace aérien. IP était en outre responsable de la réglementation relative au service de la navigation aérienne, et donc de la surveillance de la société suisse de gestion de la navigation aérienne (skyguide), de la fixation des redevances de navigation aérienne et des informations aéronautiques en rapport avec la sécurité.
- Processus Entreprises de transport aérien (LV) – Ce processus traitait de la responsabilité de l'admission et de la surveillance des opérations des entreprises de transport aérien. Cette tâche incluait aussi la surveillance technique du matériel volant ainsi que la mise en œuvre du programme SAFA, qui consiste à procéder à des inspections des avions et des équipages étrangers dans les aérodromes suisses. A l'époque de l'accident, une organisation semblable pour les avions suisses était prévue mais n'avait pas encore été mise en place.
- Processus Entreprises aérotechniques (FT) – Ce processus traitait de la certification et de la surveillance continue (y compris audits périodiques) d'une centaine d'entreprises d'entretien d'aéronefs, d'une vingtaine de constructeurs d'avions ainsi que d'entreprises de formation du personnel d'entretien d'aéronefs. Le processus FT gère également les licences dans le secteur de l'entretien sur la base des directives et processus prescrits par les normes européennes des JAA (JAR-145, JAR-21, JAR-147, JAR-66) et par les ordonnances suisses (OPEA).

1.17.3.3 Introduction des JAR-OPS 1 en Suisse

Lors d'une conférence qui s'était tenue le 29 avril 1997, l'OFAC avait expliqué aux représentants des entreprises suisses de transport aérien comment les Codes communs de l'aviation pour les exploitants (JAR-OPS 1) seraient appliqués à partir de leur entrée en vigueur, c'est-à-dire le 1^{er} avril 1998 au plus tard.

Les dispositions transitoires étaient définies dans l'article 9 du VJAR-OPS 1 comme suit:

Début de citation.

1. Les dispositions de l'ordonnance du 23 novembre 1973 sur les règles d'exploitation dans le trafic aérien commercial (ch. 4.7) s'appliquent aux temps de service d'équipage jusqu'à la mise en vigueur par l'office des dispositions déterminantes du JAR-OPS 1 (Subpart Q).
2. L'office fixe à chaque entreprise de transport aérien un délai dans lequel il doit adapter son exploitation et son règlement d'exploitation aux dispositions de la présente ordonnance et à celles du JAR-OPS 1.
3. Le règlement d'exploitation actuel reste en vigueur jusqu'à l'approbation du nouveau règlement.

La présente ordonnance entre en vigueur le 1er novembre 1997.

Fin de citation

L'OFAC était chargée de la surveillance de l'exploitation de la société Eagle Air Ltd. selon l'ordonnance relative aux règles d'exploitation pour le transport aérien commercial (ORE I).

1.17.3.4 Introduction des JAR-OPS 1 dans l'entreprise Eagle Air Ltd.

Cf. ch. 1.17.1.3

1.17.4 Service de la navigation aérienne

1.17.4.1 Contrôle d'aérodrome

A partir du contrôle d'aérodrome (ADC) situé dans la tour de contrôle, skyguide dirige les avions qui atterrissent, qui décollent ou qui doivent croiser une piste. Pour cela, suivant le volume de trafic, elle peut occuper jusqu'à quatre postes de travail: ADC1, ADC2, GRO et CLD. Un chef de quart est responsable de la surveillance des opérations dans la tour de contrôle et au contrôle d'approche.

1.17.4.2 Affectation du personnel

Selon le plan d'affectation des secteurs de skyguide, au moment de l'accident quatre postes de travail auraient dû être occupés à la tour de contrôle. En réalité, trois l'étaient.

Un contrôleur de la circulation aérienne (CCA) ne s'étant pas présenté au travail pour cause de maladie, le chef de quart a dû remplir sa mission avec un CCA de moins. C'est la raison pour laquelle, au moment de l'accident, il assumait parallèlement la fonction de contrôleur sol (GRO).

1.17.4.3 Exploitation tous temps et procédure par mauvaise visibilité

Selon les directives de Skyguide, diverses procédures étaient appliquées pour des conditions météorologiques particulières dans le cadre de l'exploitation tous temps (AWO).

Les définitions suivantes, entre autres, étaient applicables:

All Weather Operations (AWO)

Any taxi, take-off, or landing operation in conditions where visual reference is limited by weather conditions.

Low Visibility Procedures (LVP)

Specific procedures applied at an aerodrome for the purpose of ensuring safe operations during Category II and III approaches and landings, and Low Visibility Take-Offs.

Low Visibility Take-Offs (LVTO)

A take-off on a runway where the RVR is 375 m or less at any position of the departure runway.

Low Visibility Operations (LVO)

Flight operations, which take place during take-offs conducted on a runway where the RVR is 375 m or less, as well as approaches and landings in Category II and III weather conditions.

Le passage à une opération par mauvaise visibilité (LVO) intervient en plusieurs étapes.

Diverses conditions doivent être mises en place dans la phase préparatoire, qui commence lorsque la portée visuelle de piste (RVR) est inférieure ou égale à 750 m dans la zone de toucher des roues (TDZ). Les pilotes ne sont pas informés de ces préparatifs.

La phase d'application n'est pas déclenchée au même moment pour les décollages et pour les atterrissages:

- Pour les atterrissages: RVR inférieure ou égale à 550 m dans la TDZ.
- Pour les décollages: RVR inférieure ou égale à 375 m le long de la piste.

Dans les cas précités, les équipages doivent être informés via ATIS ou par radio de la manière suivante: «*Low visibility procedures in operation*». La portée visuelle de piste de la TDZ et de l'extrémité d'arrêt (END) doivent également être communiquées.

D'autres mesures étaient encore mises en œuvre durant la phase d'application. Elles figurent à l'annexe 5.3.

1.17.4.4 Communication des RVR

Dans son autorisation de décollage, le contrôleur de la circulation aérienne ADC n'a communiqué aucune RVR à l'équipage EAB 220.

1.17.5 Flughafen Zürich AG (Unique)

1.17.5.1 Généralités

La société Flughafen Zürich AG (Unique) est titulaire de la concession fédérale d'exploitation de l'aéroport de Zurich. A ce titre, elle assume un certain nombre de tâches relevant de l'exploitation aérienne: contrôle de l'aire de trafic (*apron management service*), direction de l'aérodrome (*duty office/airport authority*), protection des zones de sécurité, office cantonal d'annonce des marges de franchissement d'obstacles, sûreté (*security*), service du feu et sécurité (*safety*), services d'entretien y compris service hivernal, protection de l'environnement et gestion du bruit des aéronefs.

La direction de l'aérodrome est l'interlocuteur de skyguide, côté Unique, pour les dérogations au concept d'utilisation des pistes.

1.17.5.2 Service de gestion d'aire de trafic (apron control)

Unique est responsable de la gestion des avions et des véhicules au sol sur l'aire de trafic (APN), sur les voies de circulation (TWY) au sud de la piste 28 et à l'est de la piste 16, sur certains secteurs TWY au nord de la piste 28 (aux abords du nouveau Dock Midfield), dans les zones TWY Romeo et Romeo 8 et sur les places de stationnement Whiskey.

1.17.6 Restrictions d'utilisation à l'aéroport de Bern-Belp

Du lundi au vendredi, l'aéroport de Bern-Belp était ouvert pour les vols autres que les vols de ligne aux heures suivantes:

07:00 – 22:00 LT, à partir de 20:00 LT uniquement pour les atterrissages.

Le 20 décembre 2001 était un jeudi. Grâce à une autorisation exceptionnelle que le directeur d'Eagle Air Ltd. avait sollicitée auprès de la direction de l'aéroport pour le soir de l'accident, le vol EAB 220 pouvait atterrir à Bern-Belp jusqu'à 22:30 LT (21:30 UTC) au plus tard.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Décollage dans des conditions météorologiques de vol aux instruments

1.18.1.1 Généralités

Le *Manuel d'exploitation tous temps* de l'OACI formule depuis 1982 des recommandations techniques et opérationnelles valables pour l'exploitation aérienne dans les conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC). Les procédures par mauvaise visibilité (LVP) comportent aussi des règles s'appliquant aux entreprises de transport aérien comme Eagle Air Ltd., notamment celles sur les décollages par mauvaise visibilité (LVTO).

Le chapitre 4 de ce manuel spécifie entre autres les conditions qui doivent être remplies par les pilotes lors des LVTO. Ces points sont résumés ci-après:

- Formation théorique et pratique des membres d'équipage conforme à la fonction.
- Situations standard et anormales lors d'un décollage par visibilité réduite.
- Entraînement régulier des procédures par les équipages dans le cadre des contrôles périodiques.

Les points suivants doivent être relevés dans le contexte de l'accident:

- Selon l'AIP pour l'exploitation aérienne à Zurich, dès que la RVR est inférieure à 400 m les LVP s'appliquent également pour les décollages.
- Les directives d'exploitation de l'entreprise Eagle Air Ltd. ne comportaient aucune procédure de type LVP.
- Le commandant du vol EAB 220 avait suivi une formation LVP chez son employeur précédent. Il disposait d'une expérience pratique de vol selon les LVP.
- Le copilote n'avait pas reçu de formation LVP.

1.18.1.2 Décollage aux instruments dans la formation de base IFR

1.18.1.2.1 Généralités

L'enquête a révélé que, jusqu'à l'accident, la formation de base IFR n'abordait pas explicitement les particularités du décollage aux instruments. Cette formation aurait comme objectif de préparer l'exécution d'un LVTO.

La seule référence à une formation de décollage aux instruments se trouve dans la preuve d'entraînement exigée par l'OFAC au chapitre 4 du *IFR-Flight Instruction Programme*.

1.18.1.2.2 Commandant

Les dossiers de l'OFAC attestent que le commandant a terminé sa formation de base IFR avec preuve d'entraînement (*IFR-Flight Instruction Programme*) le 4 août 1994.

La preuve d'entraînement du commandant comporte cinq décollages aux instruments de nuit.

1.18.1.2.3 Copilote

Les dossiers de l'OFAC attestent que le copilote a terminé sa formation de base IFR avec preuve d'entraînement (*IFR-Flight Instruction Programme*) le 21 avril 1998.

Durant cette formation, il n'a effectué aucun décollage aux instruments de nuit.

1.18.2 Procédures de vol aux instruments à Zurich

1.18.2.1 Généralités

Les procédures de vol aux instruments valables à l'époque de l'accident étaient publiées dans le manuel des routes Jeppesen, basé lui-même sur la Publication d'information aéronautique suisse (AIP Suisse).

1.18.2.2 Portée visuelle minimale pour les décollages IMC


Les portées visuelles minimales requises publiées dans le manuel des routes Jeppesen utilisé par l'équipage étaient les suivantes pour les décollages IMC de la piste 34:

<i>Runway lighting</i>	<i>Aircraft category</i>		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>NIL (day only)</i>	<i>500 m</i>	<i>600 m</i>	<i>600 m</i>
<i>Runway lights (RL) or centreline lights (CL)</i>	<i>250 m</i>	<i>300 m</i>	<i>300 m</i>
<i>Runway lights (RL) and centreline lights (CL)</i>	<i>200 m</i>	<i>200 m</i>	<i>200 m</i>
<i>Runway lights (RL), centreline lights (CL) and multiple RVR values required</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>
<i>Approved operators</i>	<i>125 m</i>	<i>125 m</i>	<i>125 m</i>

L'avion accidenté était classé à la catégorie B.


1.18.2.3 Départ normalisé aux instruments «Willisau 3N»

Dans le manuel des routes Jeppesen utilisé par l'équipage, le SID «Willisau 3N» de la piste 34 était décrit comme suit (annexe 5.4):

WIL 3N 

On 335° track (use ILS 16 for track guidance) to KLO 4 DME or 3500', whichever is later, turn left (max IAS 210 kts), 245° track, intercept TRA R-192 to BREGO Intersection, intercept WIL R-055 inbound to WIL VOR-DME. Initial climb clearance 5000'

Cross BREGO Intersection at or above 6000', ZH551 Intersection and WIL VOR-DME at or above 7000'

 *Between 22:00 and 07:00 LT, if 3500' is not reached at KLO 4 DME advise ATC, 336° track (Rwy 32) or 335° track (Rwy 34) to KLO 9 DME, turn left, intercept TRA R-192.*

1.18.2.4 Procédure d'exploitation à moindre bruit

Dans le manuel de route Jeppesen utilisé par l'équipage, la procédure d'exploitation à moindre bruit (NAP) était décrite de manière générale, dans les termes suivants:

DEPARTURES

(...)

Deviation from SIDs as depicted on Zurich SID charts is only possible at altitudes above 5000' (above FL80 between 2201-0600LT for departures in direction of Albix Int or Gersa Int) with ATC approval. As far as possible a rolling take-off is executed. Engine power shall be increased only after entering take-off runway. After lift-off climb with maximum climb gradient considering flight safety.

FAN-JET ENGINEED AIRCRAFT

Take-off to 2900'

Take-off power.

Take-off flaps

Climb at V2+ 10 Kt (or as limited by body angle)

At 2900'

Reduce thrust to not less than climb power

2900' – 4900'

Climb at V2+ 10 (or as limited by body angle)

At 4500'

Normal speed and en-route climb configuration

(...)

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

1.19.1 Recours à une simulation numérique

Les enquêteurs ont envisagé le givrage de la voilure et des gouvernes comme cause possible de l'accident sur la base des éléments suivants:

- Conditions météorologiques au moment de l'accident.
- Déclarations de divers pilotes sur les conditions de givrage le soir de l'accident.
- Témoignage d'un dirigeant de l'aéroport qui a vu l'un des membres de l'équipage du HB-VLV enlever des dépôts de glace juste avant le roulage.
- Au moins un accident dû au givrage a été porté à la connaissance des enquêteurs pour ce modèle d'avion.

L'évaluation des paramètres du DFDR n'a pas permis de tirer des conclusions quant à l'éventualité qu'un givrage des ailes ou du stabilisateur horizontal ait eu un effet sur les caractéristiques aérodynamiques de l'avion.

Le constructeur du Cessna CE 560 Citation V n'a pas pu fournir un programme de simulation permettant de calculer la trajectoire de vol de cet avion en cas de givrage de la voilure ou des gouvernes.

Une recherche a été effectuée à l'aide d'un modèle aérodynamique permettant de déterminer l'influence du givrage sur les caractéristiques aérodynamiques de l'avion de type Cessna CE 560: elle consistait à vérifier si le mouvement des gouvernes enregistré conduisait à des trajectoires de vol différentes. Cette méthode a permis la simulation numérique de la phase de décollage sous l'influence de différents facteurs.

Le constructeur de l'avion a fourni des données et paramètres aérodynamiques qui ont été saisis dans un modèle de simulation existant. Les paramètres de vol enregistrés lors d'autres vols du HB-VLV ont été utilisés afin de vérifier la plausibilité des résultats de la simulation du vol fatal.

Cette recherche montre que la trajectoire décrite par le Cessna CE 560 correspond à celle induite par le débattement des gouvernes, excluant ainsi avec une probabilité élevée l'influence du givrage de la voilure sur les caractéristiques aérodynamiques de l'avion.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

2.1.1 Contrôle de l'avion - volets

D'après les enregistrements DFDR, les volets ont été rentrés 14 s après le décollage, à 524 ft AGL.

Au même instant, les compensateurs de la gouverne de profondeur ont commencé à se mouvoir dans le sens « piqué » (*nose down*). Ce mouvement a duré 8,5 s. Lors des 42 décollages précédents, la durée moyenne de l'utilisation par l'équipage de la compensation pendant la rétraction des volets de 15° à 0° a été de 2,55 s.

Sur le segment de course des volets compris entre 15° et 25°, le compensateur de profondeur électrique est activé automatiquement pour corriger les forces. Le déplacement des compensateurs varie entre 1° et 1,5° environ.

Les enquêteurs ont voulu savoir si, à la suite d'un dysfonctionnement, le compensateur de profondeur de l'avion accidenté avait aussi été activé automatiquement durant la rétraction des volets dans le segment de course compris entre 15° et 0°. Les résultats de cette analyse sont les suivants:

- Après l'atterrissage à Zurich, les volets ont été rentrés de 40° à 0°, puis ressortis à 15°. Cette position n'a plus été modifiée jusqu'au décollage.
- Les enregistrements DFDR des cinq vols précédents ont montré que le compensateur de profondeur automatique avait fonctionné normalement lors de la rétraction et de la sortie des volets dans le segment de course situé entre 15° et 25°.
- Le mécanisme comprenant les microrupteurs servant à activer le compensateur de profondeur automatique ont été retrouvés en relativement bon état dans l'épave de l'avion. L'analyse a montré que les positions des microrupteurs étaient correctes.

L'action relativement longue du compensateur de profondeur durant le vol de montée n'a donc pas pu être attribuée à un dysfonctionnement (cf. ch. 2.2.3.1).

2.1.2 Enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR)

Les raisons pour lesquelles le défaut du CVR n'a pas été constaté pendant environ 20 mois ni par les pilotes, ni par la société de maintenance, n'ont pu être établies.

2.1.3 Navigabilité

Rien n'indique qu'au moment de l'accident l'avion HB-VLV n'était pas en état de voler.

2.2 Aspects humains et opérationnels

2.2.1 Situation initiale

Le CVR n'a pas enregistré les conversations durant le dernier vol de l'avion. Les enquêteurs ne disposent donc d'aucune preuve tangible quant à la répartition des tâches entre le commandant et le copilote, à savoir qui était pilote en fonction (PF) et qui était pilote non en fonction (PNF). Sur la base d'analyses et de comparaisons détaillées des caractéristiques de pilotage du commandant et du copilote recueillies sur les enregistrements de vols antérieurs, il apparaît selon toute vraisemblance que lors de l'accident le commandant était PNF et le copilote PF.

Cette hypothèse repose sur les faits suivants:

- Selon les dépositions de certains collaborateurs de l'entreprise de transport aérien, le copilote pouvait habituellement piloter l'avion en tant que PF lors des vols de convoi.
- Le vol de Biggin Hill à East Midlands était un vol de convoi et selon les inscriptions portées dans le carnet de vol personnel du copilote, ce dernier avait été PF sur ce vol.
- Le vol d'East Midlands à Zurich était un vol commercial et le PF était le commandant.
- Le dernier vol au départ de Zurich était un vol de convoi.
- Selon les dépositions de certains collaborateurs de l'entreprise de transport aérien, le commandant avait la réputation de souvent laisser piloter les copilotes pour le décollage.
- Durant le vol examiné, le commandant s'occupait des communications radio avec ATC, ce qui est une tâche typique du PNF.
- La manière d'augmenter la puissance au décollage était comparable à celle enregistrée au décollage de Biggin Hill où le copilote était PF. Elle se différencie clairement de la manière d'augmenter la puissance lors du vol de East Midlands (UK) à Zürich, où le PIC était PF.
- La manière de contrôler les gouvernes de profondeur au décollage était comparable à celle enregistrée au décollage de Biggin Hill où le copilote était PF. Elle se différencie également du contrôle des gouvernes lors du vol de East Midlands (UK) à Zürich, où le PIC était PF.

2.2.2 Le modèle «SHEL»

Les accidents d'aviation sont souvent dus à des concours de circonstances complexes dans lesquels interviennent des facteurs humains, techniques, opérationnels et environnementaux. L'enquête repose donc sur une approche systémique qui ne se limite pas aux erreurs évidentes, mais qui cherche à analyser la situation sous-jacente, afin d'identifier les causes primaires des erreurs commises.

Pour expliciter les relations entre les différents facteurs ainsi que le mode d'action et de décision des membres d'équipage, l'équipe d'enquêteurs a appliqué le modèle «SHEL» recommandé par l'OACI dans sa circulaire *Facteurs humains. Etude n° 7 (Enquête sur les facteurs humains dans les accidents et incidents)*. Il s'agit d'un instrument permettant d'analyser les interactions homme-homme et homme-machine dans un environnement de travail précis. Les quatre lettres S-H-E-L sont l'abréviation des quatre facteurs de ce modèle d'analyse:

S – <i>software</i>	Facteurs immatériels: il s'agit principalement des procédures, listes de vérifications, directives et règles.
H – <i>hardware</i>	Facteurs techniques: les systèmes techniques tels que l'avion, l'équipement, etc.
E – <i>environment</i>	Facteurs extérieurs: météo, autres avions, service de la navigation aérienne, entreprise de transport aérien et autorité de surveillance.
L – <i>liveware</i>	Facteurs humains: l'homme dans toute sa diversité et avec ses limites est au cœur du modèle. Il peut y avoir des interactions entre plusieurs facteurs L (commandant, copilote, etc.).

Dans l'enquête sur l'accident du vol EAB 220, le commandant et le copilote sont les éléments centraux du domaine L (facteurs humains). La nature des interactions entre les deux pilotes (L-L) a également été analysée. Les interactions entre l'équipage et l'avion (L-H) ainsi que l'attitude de l'équipage vis-à-vis des procédures (L-S) ont aussi fait l'objet d'analyses approfondies tout comme l'influence des facteurs extérieurs sur le comportement des pilotes (L-E). Parmi les facteurs extérieurs qui ont été analysés figurent, outre la météo et le service de la navigation aérienne, l'entreprise de transport aérien et l'autorité de surveillance.

2.2.3 Commandant (L)

2.2.3.1 Attitude pendant le vol EAB 220

Texte original:

Der Kommandant dürfte sehr motiviert gewesen sein, den Rückflug nach Bern-Belp noch an diesem Abend durchzuführen. Ein Motiv lag vermutlich in dem vom Geschäftsführer über das Mobiltelefon übermittelte „Wunsch“ zur Rückverbringung des Flugzeugs zum Heimatflughafen, was als eine Vorgabe zu verstehen war. Des Weiteren war es ihm auch ein Bedürfnis möglichst bald wieder bei seiner Familie zu sein, um mit ihr den bevorstehenden arbeitsfreien Tag verbringen zu können. Nicht zuletzt war ihm dieses Bedürfnis wichtig, weil er durch seine fliegerische Tätigkeit allzu oft von seiner Familie getrennt war.

Wie aus der Sprechfunkaufzeichnung, dem charakteristischen Setzen der Leistungshebel und dem Steuerungsverhalten um die Querachse zu erkennen ist, überliess der Kommandant die Steuerung des Flugzeuges seinem Copiloten.

Der Kommandant war ein gutmütiger Mensch, der zuvor gezeigt hatte, dass er Copiloten Optionen ermöglichte, die nicht immer den Verfahrensvorschriften entsprachen. Da er über eine entsprechende fliegerische Erfahrung verfügte, dürfte er davon ausgegangen sein, Derartiges verantworten zu können.

Diese Vorgehensweise war in dem Luftfahrtunternehmen üblich, da Copiloten vorzugsweise bei Leerflügen als pilot flying (PF) agieren sollten. Daher ist es wahrscheinlich, dass auch das Setzen der Triebwerksleistung für den Start durch den Copiloten als PF erfolgte. Ob der Kommandant eingriff, als die Triebwerke ungleichmässig beschleunigten und das Flugzeug nach rechts auszubrechen drohte, muss offen bleiben.

In einer Höhe von 300 bis 400 Fuss Höhe über Grund begann der das Flugzeug steuernde Copilot den Neigungswinkel (pitch) des Flugzeugs zu reduzieren. Rund drei Sekunden später wurden die Landeklappen eingefahren. Aufgrund der vom Kommandanten praktizierten crew co-ordination kann davon ausgegangen werden, dass er dieses als PNF ausführte. Das sich danach deutlich verstärkende Absinken des pitch wurde von ihm während der darauf folgenden 13 Sekunden nicht registriert, da er nunmehr vermutlich mit der Ausführung einer anderen Tätigkeit beschäftigt war. Wahrscheinlich galt seine Aufmerksamkeit dem Einstellen der Frequenz Funkgerät, da er Funkkontakt mit einer anderen Flugsicherungsstelle aufnehmen sollte.

Ermüdungserscheinungen als Folge der vorausgegangenen Flüge könnten ihn bei dieser Tätigkeit beeinträchtigt haben, so dass er der Überwachung der Tätigkeiten des Copiloten und dem Mitverfolgen der Fluglage auf seinem künstlichen Horizont (monitoring), dem in dieser Flugphase wichtigstem Fluginstrument, nicht genügend Aufmerksamkeit widmete.

Eventuell könnte er auch durch ein anderes Ereignis wie ein im Cockpit auftretendes Signal – zum Beispiel dem Klingeln eines Mobiltelefons - abgelenkt worden sein.

Traduction:

Le commandant était certainement très motivé de rentrer à Bern-Belp le soir même. L'une des raisons était probablement le «souhait» du directeur que l'avion rejoigne sa base. Ce désir, exprimé au téléphone, devait être interprété comme un ordre. Le commandant attendait également avec impatience de rejoindre sa famille avec laquelle il devait passer le jour de congé du lendemain. Il y attachait d'autant plus d'importance que, de par sa profession, il en était souvent séparé.

Comme il en ressort des enregistrements radio, de la manière d'actionner les manettes de puissance et du style de pilotage en tangage, le commandant avait confié les commandes de l'avion à son copilote.

Le commandant était une personne bienveillante et offrait volontiers des libertés aux copilotes, en outrepassant parfois les procédures. Comme il disposait d'une certaine expérience de vol, il estimait pouvoir assumer ce genre d'attitude.

Cette manière de faire était usuelle dans l'entreprise de transport aérien puisque lors des vols de convoyage, le copilote était fréquemment PF. Il est donc vraisemblable que dans sa fonction de PF, le copilote ait aussi actionné les manettes de puissance lors du décollage. Par contre, on ne saura jamais si le commandant est intervenu lorsque l'accélération des deux réacteurs s'est révélée inégale et que l'avion a commencé à virer à droite.

A une hauteur de 300-400 ft AGL, le copilote PF a commencé à réduire l'angle de tangage. Les volets ont été rentrés environ trois secondes plus tard. Sur la base des habitudes du commandant en matière de répartition des tâches de l'équipage, on peut émettre l'hypothèse qu'il a exécuté lui-même cette dernière opération en qualité de PNF. Il n'a probablement pas remarqué la diminution significative de l'angle de tangage durant les 13 s suivantes, car il était occupé à d'autres tâches. En effet, il devait se concentrer sur la sélection de la fréquence sur l'équipement radio, puisqu'il devait prendre contact avec un autre service de la navigation aérienne.

En raison des vols effectués au cours la journée, il est possible qu'une certaine fatigue se soit manifestée, réduisant ses facultés et l'empêchant de surveiller avec une attention suffisante l'activité du copilote ainsi que l'évolution de l'assiette sur son horizon artificiel, instrument le plus important dans cette phase du vol.

Il se peut aussi qu'il ait été distrait par un autre événement survenu dans le poste de pilotage, comme par exemple la sonnerie d'un téléphone mobile.

2.2.3.2 Aspects psychologiques

Texte original:

Aus den vorliegenden Informationen ergibt sich kein Hinweis darauf, dass sich der Kommandant zum Zeitpunkt des Unfalls in einer außergewöhnlichen psychischen Belastungssituation befand, die ihn in kognitiver und/oder emotionaler Weise so stark beeinträchtigte, dass er nicht zum Führen eines Flugzeugs in der Lage gewesen wäre.

Traduction:

Au vu de ce qui précède, aucun élément ne permet de penser qu'au moment de l'accident le commandant était dans un état de tension psychique extraordinaire, au point d'affecter ses facultés cognitives et/ou émotionnelles, le rendant inapte au pilotage d'un avion.

2.2.3.3 Aspects physiologiques

Texte original:

Nach allen verfügbaren Informationen war der Kommandant zum Zeitpunkt des Unfalls gesundheitlich nicht beeinträchtigt. Es gab keinen Hinweis auf das schleichende oder akute Auftreten einer die Flugtauglichkeit massiv beeinträchtigenden physiologischen Störung (incapacitation).

Traduction:

Selon toutes les informations disponibles, le commandant était en bonne santé au moment de l'accident. Aucun élément ne permet de conclure à l'apparition progressive ou soudaine d'un problème physiologique ayant pu réduire considérablement son aptitude au vol.

2.2.4 Copilote (L)

2.2.4.1 Attitude pendant le vol EAB 220

Texte original:

Der Copilot dürfte motiviert gewesen sein, den Rückflug nach Bern-Belp noch an diesem Abend durchzuführen. Gründe dafür dürften neben dem vom Geschäftsführer geäußerte „Wunsch“ zur Rückkehr des Flugzeugs nach Bern-Belp insbesondere die eigenen Terminverpflichtungen am nächsten Tag gewesen sein.

Diese Ausgangsmotivation, verbunden mit der Möglichkeit, das Flugzeug selbst steuern zu können sowie die vorhandene Bereitschaft zur Rückkehr nach Bern-Belp seitens des Kommandanten dürften zur Durchführung dieses Fluges geführt haben.

Kurz nach dem Abheben von der Startbahn und dem Einfliegen in die unerwartete Nebelwand (IMC) sowie dem Einfahren des Fahrwerks und der Landeklappen musste das manuell gesteuerte Flugzeug vom PF in einer stabilen Fluglage gehalten werden.

Die vom DFDR kurz nach dem Einfahren der Landeklappen aufgezeichnete und für diese Flugphase ungewöhnliche Flugzeugbewegung (kontinuierlicher Übergang von maximal +10 Grad vor der maximal erreichten Flughöhe zwischen 500 und 600 Fuss über Grund in einen Neigungswinkel von -12 Grad), dürfte von dem PF nicht bewusst herbeigeführt worden sein. Dieser aussergewöhnliche Regelungsvorgang um die Querachse muss auf die Steuereingabe durch den PF zurückgeführt werden. Der Copilot hatte die Konsequenzen dieser Systemeingabe nicht sofort erkannt, da er keine rechtzeitige Gegenkorrektur ausführte. Seine Aufmerksamkeit konnte dabei durch langsam wirksam werdende Ermüdungserscheinungen als Folge der vorausgegangenen Flüge kurzzeitig reduziert gewesen sein, so dass er den künstlichen Horizont als sein primäres Fluginstrument nicht genügend beachtete. Wahrscheinlicher dürfte aber eine kurzzeitige Ablenkung seiner Aufmerksamkeit durch einen äusseren Reiz gewesen sein, wie zum Beispiel ein im Cockpit auftretendes Signal oder eine Handlung des Kommandanten. Dabei konnte es sich auch um das Greifen nach einem Gegenstand gehandelt haben.

Durch das Anheben der Flugzeugnase bei Dunkelheit und Nebel gingen die Sichtreferenzen zur Pistenbeleuchtung verloren. Dadurch liess sich die Fluglage des Flugzeugs nicht mehr mittels Orientierung am natürlichen Horizont erkennen. Der auf der Seite des Copiloten eingebaute künstliche Horizont mochte aufgrund seiner Baugrösse und der geringen Ablesegenauigkeit für den mit diesen Flugbedingungen vergleichsweise unerfahrenen Copiloten keine ausreichend schnelle Orientierung über die aktuelle Fluglage ermöglicht haben. Im Folgenden könnte der Copilot durch eine schnelle Drehung des Kopfes den Blick auf den ergonomisch besser ablesbaren linken künstlichen Horizont des Kommandanten gerichtet haben, um eine korrekte und präzise Lageorientierung zu finden, was ihm aber nicht mehr rechtzeitig gelang.

Einen Start unter vergleichbaren Wetterbedingungen, wie denen am Unfallabend, dürfte er mit hoher Wahrscheinlichkeit zuvor selbst niemals durchgeführt haben.

Traduction:

Le copilote était certainement très motivé de rentrer à Bern-Belp le soir même. L'une des raisons était probablement le «souhait» du directeur que l'avion rejoigne sa base, mais également ses propres engagements prévus le jour suivant.

Hormis ces motifs, la perspective de pouvoir piloter l'avion lui-même ainsi que la volonté affichée du commandant de rentrer sur Bern-Belp ont certainement contribué à la décision d'accomplir ce vol.

Juste après le décollage et la rentrée dans le mur de brouillard inattendu, le PF qui pilotait l'avion manuellement, devait maintenir la stabilité de l'assiette suite à la rétraction du train et des volets.

Le changement d'assiette inhabituel pour cette phase de vol, enregistré par le DFDR juste après la rentrée des volets, a dû être induit par inadvertance par le PF (l'inclinaison longitudinale était de +10° juste avant d'atteindre l'altitude de vol maximale à 500-600 ft AGL, puis est passée graduellement à une inclinaison de -12°). Ce tangage inhabituel doit être attribué aux actions sur les commandes du PF. Le copilote n'a pas immédiatement réalisé les conséquences de ses actions, puisqu'il n'a pas effectué de correction à temps. Il se peut qu'en raison des autres vols de la journée, une certaine fatigue se soit lentement manifestée et ait diminué sa concentration un bref instant. Ainsi, il n'a pas suffisamment observé l'horizon artificiel, instrument de vol

prioritaire. Plus vraisemblablement, il a pu être distrait un bref instant par un événement extérieur, comme par exemple l'apparition d'un signal dans le cockpit ou une action du commandant. Il se pourrait aussi qu'il ait cherché à saisir un objet.

En raison de la rotation du nez de l'avion effectuée dans l'obscurité et le brouillard, les références visuelles (balisage lumineux de piste) ont été perdues. De ce fait, il n'était plus possible de contrôler l'assiette de l'avion en se référant à l'horizon naturel. En raison de ses dimensions et de sa faible précision de lecture, l'horizon artificiel en place droite ne permettait pas une orientation spatiale assez rapide dans ces conditions de vol, pour un pilote relativement peu expérimenté comme l'était le copilote. Par conséquent, il se peut que ce dernier ait rapidement tourné la tête pour regarder l'horizon artificiel plus lisible et plus ergonomique du commandant, afin de se faire une image précise et correcte de l'assiette, ce qu'il n'est pas parvenu à faire à temps.

Selon toute vraisemblance, il n'avait encore jamais effectué lui-même un décollage dans les conditions météorologiques du soir de l'accident.

2.2.4.2 Aspects psychologiques

Texte original:

Aus den vorliegenden Informationen ergibt sich kein Hinweis darauf, dass sich der Copilot zum Zeitpunkt des Unfalls in einer aussergewöhnlichen psychischen Belastungssituation befand, die ihn in kognitiver und/oder emotionaler Weise derartig beeinträchtigte, dass er nicht zum Führen eines Flugzeuges in der Lage gewesen wäre.

Traduction:

Au vu de ce qui précède, aucun élément ne permet de penser qu'au moment de l'accident le copilote était dans un état de tension psychique extraordinaire, au point d'affecter ses facultés cognitives et/ou émotionnelles, le rendant inapte au pilotage d'un avion.

2.2.4.3 Aspects physiologiques

Texte original:

Nach den zur Verfügung stehenden Unterlagen war der Copilot zum Zeitpunkt des Unfalls gesundheitlich nicht beeinträchtigt. Neben den in Kapitel 2.2.8.3 angeführten Beeinträchtigungen gab es keinen Hinweis auf die Flugfähigkeit beeinträchtigende innere Auslöser im Sinne einer schleichenden oder akuten Incapacitation.

Traduction:

Selon les documents à disposition, au moment de l'accident le copilote était en bonne santé. Hormis la gêne mentionnée au ch. 2.2.8.3, aucun élément ne permet de conclure à l'apparition progressive ou soudaine d'un problème physiologique ayant pu réduire son aptitude au vol.

2.2.5 Interactions entre le commandant et le copilote (L-L)

Texte original:

Beide Flugzeugführer kamen gut miteinander aus, obwohl sie sich vom Typ her deutlich unterschieden. Der Kommandant war ein schlanker, eher feinfühligere Mensch und der Copilot ein kräftig-athletischer, eher dynamischer Mensch. Beide waren hochmotiviert, auch unter erschwerten Bedingungen diesen letzten Flug des Tages durchzuführen.

Beide Flugzeugführer hatten sich für die Durchführung des Fluges entschieden, obwohl sie zusammen in der Lage gewesen wären, dem beharrlichen Drängen des Geschäftsführers zu widerstehen. Sie befanden sich nun unter dem enormen Zeitdruck, den Ziel-flughafen noch vor dessen nicht mehr fernen Schliessungszeit erreichen zu müssen. Die Verzögerungen vor dem Start infolge ungünstiger meteorologischer Bedingungen am Boden sowie des Zusammenstellens von Abfluggruppen aufgrund der nächtlichen Einschränkungen in der Nutzung des Pistensystems erhöhten den auf ihnen lastenden Zeitdruck weiter. Als sie endlich die Startfreigabe erhielten, führten sie einen eiligen Start durch, um noch rechtzeitig in Bern-Belp landen zu können.

Nach dem Einflug in IMC begann der Copilot als PF bereits in sehr geringer Höhe zu beschleunigen. Während der Kommandant als PNF vermutlich mit einer anderen Tätigkeit, wie dem Wechsel der Funkfrequenz oder einer anderen Sache im Cockpit beschäftigt war, galt seine Aufmerksamkeit nicht der Überwachung des Copiloten. Der Copilot wurde von der notwendigen Beachtung seines in dieser Flugphase wichtigsten Fluginstruments, dem künstlichen Horizont, abgelenkt. Die Ursache hierfür mochte in einem externen Reiz und/oder einer internen räumlichen Desorientierung zu finden sein. Da der Copilot nicht über die hinreichende fliegerische Erfahrung verfügte, sich unter dieser anspruchsvollen Flugbedingung auf das Wichtigste, den künstlichen Horizont, zu konzentrieren und die Steuerung des Flugzeuges nicht vom Kommandanten mitverfolgt wurde, veränderte sich dessen Neigungs- und Querlagewinkel. Die nunmehr entstandene Fluglage wurde weder vom Kommandanten noch vom Copiloten so rechtzeitig am künstlichen Horizont erkannt, dass das kurz vor dem Aufprall eingeleitete Korrekturma-növer noch hätte wirksam werden können.

Traduction:

Les deux pilotes avaient des caractères très différents, mais ils s'entendaient bien. Le commandant était une personne élancée, plutôt sensible, tandis que le copilote était athlétique, avec un style plus énergique ou dynamique. Tous deux avaient très envie de faire ce dernier vol de la journée malgré les conditions météorologiques difficiles.

Ils ont décidé ensemble d'effectuer ce vol alors qu'ils auraient pu s'opposer à la demande pressante de leur directeur. Ils étaient soumis à une énorme pression de temps pour atteindre l'aéroport de destination avant l'heure de fermeture, qui se rapprochait rapidement. Cette pression s'est encore accrue suite aux retards accumulés avant le décollage, dus aux mauvaises conditions météorologiques au sol ainsi qu'au regroupement des départs en raison des restrictions d'utilisation du système de pistes durant la nuit. Lorsqu'ils ont enfin obtenu l'autorisation de décollage, les deux pilotes ont effectué un décollage en toute hâte afin de pouvoir atterrir à temps à Bern-Belp.

Après le passage en IMC, le copilote (PF) a commencé à accélérer à très basse altitude. Le commandant (PNF) était vraisemblablement occupé par une autre activité, telle que le changement de la fréquence radio ou autre chose dans le cockpit, et ne surveillait pas son collègue. L'attention du copilote a été détournée de son instrument le

plus important dans cette phase du vol, l'horizon artificiel. La cause de cette distraction peut-être due à un élément externe ou une désorientation spatiale. Comme le copilote ne disposait pas d'une expérience de vol suffisante pour se concentrer sur son horizon artificiel dans ces conditions de vol exigeantes et que, par ailleurs, le commandant ne surveillait pas le contrôle de l'avion, le tangage et le roulis se sont modifiés. Tant le commandant que le copilote n'ont pu identifier à temps l'attitude de vol résultante sur l'horizon artificiel, de sorte que la manœuvre de rétablissement engagée juste avant l'impact avec le sol ait pu aboutir.

2.2.6 Interactions entre l'équipage et l'avion (L-H)

2.2.6.1 Généralités

L'analyse des interactions entre l'équipage et l'avion (L-H) s'est concentrée sur l'homme et la machine sans se limiter à l'avion en tant que tel, mais en prenant en considération ses équipements et en particulier les équipements de navigation et les instruments utilisés pendant le vol.

Avant toute chose, il faut rappeler que l'avion HB-VLV a été en état de vol jusqu'au premier impact avec le sol. Tous les dispositifs de guidage de vol et de navigation ont fonctionné correctement.

2.2.6.2 Possibilités d'utilisation des instruments de vol

L'entreprise de transport aérien a acheté l'avion HB-VLV aux Etats-Unis. L'instrumentation du cockpit correspondaient à l'équipement de base pour une exploitation de l'aéronef selon les règles IFR. La conception du cockpit était toutefois axée principalement pour un pilotage en siège gauche:

- EFIS uniquement du côté du commandant.
- Paramètres du NMS affichés en majorité sur les instruments du commandant.
- Le CDI du côté copilote n'indiquait que la déviation de cap du tronçon actif (*active leg*).

La condition préalable pour garantir une collaboration optimale dans le cockpit est que les deux pilotes disposent d'instruments équivalents. De petits écarts dans l'équipement peuvent être compensés par des procédures standard d'opération en vol (SOP) bien structurées.

L'équipement dont l'avion était doté ne permettait pas à un équipage double d'opérer de manière optimale en toute situation. Lorsqu'il est PF, la charge de travail du copilote est parfois très grande, de sorte que la recherche d'informations de vol sur les instruments du commandant peut être un facteur perturbateur.

Comme les paramètres de vol du NMS ne s'affichaient que sur les instruments du commandant, on peut déduire que le copilote a voulu naviguer avec le VOR/DME, du moins pour le premier segment du SID.

2.2.6.3 Utilisation des équipements de navigation

Les enquêteurs ont voulu connaître les systèmes de navigation utilisés par le PF, dans le cas présent le copilote, pour guider l'avion sur le SID «Willisau 3N».

Il y a essentiellement deux facteurs qui laissent à penser que le VOR/DME ait été utilisé. Premièrement le HSI du PF était réglé sur un cap à 335°, ce qui correspond à la

trajectoire d'éloignement de la piste 16. Deuxièmement, les deux aiguilles de relèvement (BRG) de l'indicateur radiomagnétique RMI #1 étaient pointées sur 148°, ce qui correspond au relèvement entre le lieu de l'accident et le VOR KLO.

On peut donc supposer que les systèmes de navigation avaient été configurés comme suit pour le dernier vol de l'avion:

Système	Calage	Affichage	But
VHF NAV #1 DME #1	VOR KLO	relèvement/ distance	point de virage D4 KLO
VHF NAV #2 DME #2	VOR KLO CRS 335°	relèvement/ distance	guidage de route au point de virage D4 KLO
RMI #2	aiguille simple VOR aiguille double VOR	relèvement KLO relèvement KLO	guidage de route rés. guidage de route rés.

Avec cette configuration, l'équipage a fait un compromis par rapport au guidage de route prescrit dans le SID, puisque le VOR KLO est situé à l'ouest de la piste 34. L'écart qui en résulte par rapport à la route nominale se situe toutefois dans les tolérances.

La configuration suivante des systèmes de navigation VHF aurait été appropriée:

Système	Calage	Affichage	But
VHF NAV #1 DME #1	VOR KLO VOR WIL en standby	relèvement/ distance	point de virage D4 KLO
VHF NAV #2 DME #2	ILS 16 IZH CRS 155° VOR TRA en standby VOR DME KLO en attente	LOC	guidage de route au point de virage D4 KLO
RMI #2	aiguille simple VOR aiguille double VOR	relèvement KLO relèvement PARK	guidage de route rés.

2.2.6.4 Utilisation de l'horizon artificiel

Le copilote a contrôlé son horizon artificiel au plus tard après la mise en route des moteurs.

Au décollage, le copilote a effectué une rotation de 7-10° ANU et a maintenu cette assiette pendant environ 13 s. Il a dû obtenir cette attitude de vol en s'aidant de l'horizon artificiel. Ensuite le nez de l'avion a commencé à descendre et juste avant l'impact avec le sol, l'appareil avait une assiette d'environ 12° AND. Les enregistrements DFDR ont révélé que cette modification de l'assiette s'est produite au même instant que le déplacement de la gouverne de profondeur. Quelques secondes avant l'impact, le manche a été tiré en arrière, ce qui signifie qu'une manœuvre de rétablissement a été entreprise.

Juste après avoir quitté le sol, le copilote a maintenu un cap constant de 334-335° pendant environ 10 s. On peut supposer que pendant cette phase de vol, il a utilisé l'horizon artificiel pour prévenir tout roulis. Ensuite, la trajectoire de l'avion a commencé à dévier vers la droite. D'après les débattements des ailerons enregistrés, ce virage n'a été ni commandé, ni corrigé par le copilote.

Le nez de l'avion a alors commencé à descendre et simultanément l'appareil a initié un virage à droite.

Avant l'impact avec le sol, la vitesse angulaire de virage de l'avion était d'environ 1°/s vers la droite. Ce mouvement de rotation de roulis à droite a été confirmé par l'analyse des traces relevées au lieu du premier impact.

Il est établi que le gyroscope de cet horizon tournait à la vitesse nominale. Par conséquent, il est peu probable que l'instrument gyroscopique affichait une assiette incorrecte.

2.2.6.5 Dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS)

Les avions du type Cessna CE 560 Citation opérant selon les JAR-OPS 1 doivent être équipés d'un GPWS. Le HB-VLV était exploité selon les règles de l'ORE I qui ne prescrit pas obligatoirement un GPWS.

Le mode 3 du GPWS (*altitude loss after take-off*) aurait averti l'équipage de la perte d'altitude de l'avion après le décollage. A l'apogée de la trajectoire de vol, soit à une hauteur de 500 à 600 pieds, l'équipage aurait été rendu attentif par la voix synthétique du système GPWS „*don't sink, don't sink ...*” dès que l'avion a débuté le vol de descente; une intervention de l'équipage s'en serait suivie. A cette hauteur, une perte d'altitude d'environ 50 pieds aurait suffi à déclencher le mode 3 du système GPWS. Une correction de la trajectoire de vol aurait ainsi été possible dans cette phase du vol.

2.2.7 Attitude de l'équipage vis-à-vis des procédures (L-S)

2.2.7.1 Généralités

L'analyse de l'attitude de l'équipage par rapport aux procédures (L-S) a porté en priorité sur l'application et la mise en œuvre des règles de vol en général et des procédures fixées par l'entreprise de transport aérien.

2.2.7.2 Directives d'exploitation

Texte original:

Schriftlich definierte und offiziell nach VBR I genehmigte betriebliche Verfahrensanweisungen (FOM) existierten bei Eagle Air Ltd. seit 1990. Darin wurde unter anderem eine Standardterminologie verwendet sowie die Anwendung von Checklisten angesprochen. Deren Nutzung wurde zwar vorgeschrieben, inhaltlich jedoch nicht weiter ausgeführt. Ein umfassendes und klar vorgegebenes Konzept für die Zusammenarbeit und Verfahrensdurchführung im Cockpit (standard operating procedures - SOP) war darin nicht zu finden und wurde den Piloten auch nicht anderweitig zur Verfügung gestellt.

So wurde zum Beispiel die Durchführung eines take-off briefing darin angesprochen. Einheitlich zu erfolgende call-outs oder Hinweise wurden für die Startphase nicht erwähnt und blieben der individuellen Entscheidung der Piloten überlassen. Für die Anflugphase wurden konkrete Verfahrensvorgaben aufgeführt.

Da den Piloten von der Unternehmensleitung keine Schulungsprogramme zu den Themenkomplexen SOP, crew co-ordination (CC) oder crew resource management (CRM) angeboten wurden - letzteres war nur für die nach JAR-OPS 1 zertifizierten Flugbetriebe vorgeschrieben - gab es keine standardisierte Arbeitsweise im Cockpit.

Traduction:

Eagle Air Ltd. disposait depuis 1990 de directives d'exploitation écrites (FOM) approuvées selon l'ORE I. Ce document utilise une terminologie standard et aborde entre autres la problématique des listes de vérifications. Leur utilisation était certes prescrite, mais leur contenu n'était pas actualisé. Il n'a pas été possible de trouver un concept clair et complet concernant l'exécution des procédures et la collaboration dans le cockpit (SOP). Par ailleurs aucune autre forme d'information n'était fournie aux pilotes à ce sujet.

L'exécution d'un briefing de décollage par exemple a été abordé. Une uniformisation des annonces ou des indications durant la phase de décollage n'était pas mentionnée. La décision était donc laissée à la discrétion des pilotes. En revanche, des règles de procédures concrètes sont énoncées pour la phase d'approche.

Il n'y avait pas de méthode de travail standardisée dans les postes de pilotage de la compagnie, étant donné que l'entreprise ne proposait aucun programme de formation à ses pilotes dans les thèmes complexes des SOP, de la coordination de l'équipage (CC) et de la gestion des ressources de l'équipage (CRM) (le CRM n'est obligatoire que pour les entreprises de transport aérien certifiées selon JAR-OPS 1).

2.2.7.3 Procédures de départ

Les deux pilotes avaient une certaine expérience des procédures IFR en vigueur à Zurich. Comme l'ont montré les enregistrements DFDR, l'équipage a déjà commandé la rentrée des volets à environ 500 ft AGL, alors que la vitesse de l'avion était de 172 KIAS.

Selon la procédure d'exploitation à moindre bruit (NAP) valable pour les avions à réaction à laquelle appartenait l'appareil accidenté, les volets auraient dû être rentrés au plus tôt à 4500 ft AMSL. Au vu des caractéristiques de faible bruit de ce type d'avion, la pratique courante est que les équipages commencent la phase d'accélération plus tôt que ne le prévoit la NAP.

Après avoir dérogé à la NAP, l'équipage du HB-VLV aurait théoriquement dû maintenir une vitesse de 167 KIAS jusqu'à 4500 ft AMSL, une fois les volets rentrés. Cela correspond à la vitesse de début de montée (V_{enr}), prenant en compte un supplément de 5 kt pour des conditions connues de givrage à une masse de 13 000 lbs. Ce n'est qu'après qu'il aurait dû accélérer à 250 KIAS.

Les enregistrements DFDR ont montré que l'avion n'a pas été stabilisé à 167 KIAS. Le tangage a diminué, entraînant un accroissement de la vitesse.

A cet égard, il existe une autre explication au passage non remarqué de l'avion en vol de descente juste après le décollage. Comme déjà évoqué, l'équipage était pressé. Il a peut-être rentré les volets pour augmenter immédiatement la vitesse à 250 KIAS. Pour cette raison, il est possible que le PF ait focalisé son regard sur l'anémomètre. La durée relativement longue de la compensation est un élément qui pourrait corroborer cette thèse. Il faut en plus tenir compte de la possibilité d'une désorientation spatiale (cf. ch. 2.2.8.3).

2.2.7.4 Décollage par mauvaise visibilité

Texte original:

Der nach dem Aufrollen auf die Startbahn und einem fließenden Übergang in die Startbeschleunigung erfolgende Start (rolling take-off) entsprach nicht den internationalen Vorgaben für einen Start bei geringen Sichtverhältnissen. Die meisten Luftfahrtunternehmen schreiben ihren Piloten vor, bei solchen Wetterbedingungen vor dem Anrollen auf der Piste und vor dem Setzen der Startleistung die Triebwerke im Bereich von 60% des Startschubes stabilisieren zu lassen. Die Auswirkungen eines ungleichen Beschleunigens der Triebwerke auf Startleistung, wie es beim Unfallflug geschah, können damit vermieden werden.

Da das Flugbetriebsunternehmen noch nicht nach JAR-OPS 1 zugelassen war und auch nicht nach den neuen Richtlinien verfuhr, wurden die nach JAR-OPS 1.455 den Ablauf eines Starts unter geringen Sichtbedingungen (low visibility take-off) verfahrensmässig regelnden Vorgaben nicht angewandt. Somit blieb es weiterhin dem Unternehmen überlassen, wie es Starts unter den zum Zeitpunkt des Unfalls vorherrschenden Wetterbedingungen zu regeln gedachte. Es ist aber anzumerken, dass genau diese Problematik im ICAO Dokument „Manual of All-Weather Operations“ geregelt wird, unabhängig davon wie der Flugbetrieb zugelassen war (VBR I oder JAR-OPS 1).

Eine explizite Verfahrensvorgabe für eine Startdurchführung unter derartigen Bedingungen existierte im Unternehmen nicht. Die tatsächliche Gestaltung des Vorgehens im Cockpit blieb damit im Wesentlichen den persönlichen Bedürfnissen und dem Engagement der einzelnen Piloten überlassen.

Der für die verfahrensmässige Standardisierung der Piloten zuständige Chefpilot vermochte diese Umstände nicht effizient zu verändern.

Traduction:

Le roulage sur la piste de décollage avec augmentation progressive de la puissance, autrement dit un décollage en roulant, n'est pas conforme aux règles internationales de décollage par mauvaise visibilité. La plupart des entreprises de transport aérien imposent d'ailleurs à leurs pilotes de stabiliser la puissance de poussée des réacteurs aux alentours de 60 % avant de rouler sur la piste et d'augmenter la puissance à la poussée de décollage. Cela permet d'éviter une accélération asynchrone des réacteurs au décollage, comme cela s'est produit pour le dernier vol du HB-VLV.

Comme l'entreprise de transport aérien n'était pas encore certifiée selon JAR-OPS 1 et qu'elle n'opérait pas selon les nouvelles directives, elle n'appliquait pas non plus les règles de procédure prévues par les JAR-OPS 1.455 pour les décollages par mauvaise visibilité (LVTO). La procédure de décollage dans des conditions météorologiques comme celles régnant le soir de l'accident était donc laissée à la discrétion de l'entreprise. Il faut toutefois noter que cette problématique fait justement l'objet du *Manuel d'exploitation tous temps* de l'OACI, qui prescrit des règles applicables indépendamment du type de certification de l'entreprise de transport aérien (ORE I ou JAR-OPS 1).

Il n'existait aucune règle de procédure explicite dans l'entreprise au sujet des décollages dans ces conditions. La procédure appliquée dans le cockpit incombait donc essentiellement aux pilotes, qui le faisaient selon leurs besoins personnels et à leur gré.

Le chef pilote responsable de la standardisation des procédures dans le cockpit n'a pas eu la possibilité de modifier cet état de fait.

2.2.8 Influence des facteurs extérieurs sur l'équipage (L-E)

2.2.8.1 Généralités

L'analyse de l'influence des facteurs extérieurs sur l'équipage a porté essentiellement sur la situation météorologique, les aspects physiologiques du vol, la sécurité aérienne ainsi que l'entreprise de transport aérien et l'autorité de surveillance.

2.2.8.2 Givrage de l'avion durant son stationnement

2.2.8.2.1 Givrage de l'avion

Après le passage d'un front froid peu actif sur la Suisse, entre 18:00 et 19:00 UTC la nébulosité a rapidement diminué au-dessus de l'aéroport de Zurich. Le ciel étant pratiquement dégagé, la température de l'air s'est abaissée de 4° (de -5° à -9° C) entre 18:50 et 20:50 UTC, ce qui a entraîné la condensation ou la sublimation d'environ 0,5 g de vapeur d'eau par kilo d'air.

Durant son stationnement à l'aéroport, l'avion a été recouvert de givre par sublimation, surtout sur les parties exposées vers le haut.

Lorsque le ciel se dégage en soirée après le passage d'un front froid, le brouillard ne se forme que lentement et de manière irrégulière à cause de l'agitation résiduelle de l'air. Le brouillard était moins dense sur l'aire de stationnement GAC Secteur 1 que dans la partie septentrionale de l'aéroport, ce qui s'explique aussi par le rayonnement thermique des bâtiments situés à proximité. C'est donc principalement par sublimation, plus que par le dépôt de gouttelettes de brouillard surfondues, que la glace s'est formée sur la cellule de l'avion.

Il est aussi possible que de la glace se soit formée par collision de gouttelettes de brouillard surfondues (brouillard givrant) avec l'avion lors du roulage sur les voies de circulation A et E jusqu'au point de départ de la piste.

Il n'est pas possible d'estimer l'épaisseur de cette couche de glace.

2.2.8.2.2 Préparation du départ

Les préparatifs pour le départ de Zurich se sont faits avec une grande hâte. Au vu du témoignage d'un directeur de l'aéroport, l'équipage a dû décider de dégivrer l'appareil durant le stationnement à Zurich.

Le fait que l'équipage ait décidé de dégivrer l'avion avec un racloir au lieu de procéder à un dégivrage conforme aux recommandations du constructeur correspondait à une pratique courante au sein de l'entreprise de transport aérien.

2.2.8.3 Aspects physiologiques du vol en IMC

Texte original:

Es besteht beim unerwarteten Übergang von Sichtwetterbedingungen (VMC) in Instrumentenwetterbedingungen (IMC) die Möglichkeit, dass die zum Führen eines Flugzeugs wichtige räumliche Orientierung (Raumlage-Orientierung) beim Piloten gestört sein kann. Diese Orientierung ist das Ergebnis des Zusammenspiels aller hierfür in Frage kommender Sinnesorgane. Dabei können eventuell auftretende widersprüchliche Reize eine Sinnestäuschung auslösen und zu einer räumlichen Desorientierung führen. Wird diese vom Piloten nicht rechtzeitig als solche erkannt und zu spät mit entsprechenden Gegenmassnahmen begonnen, kann sie gerade bei geringer Flughöhe zu fatalen Folgen führen.

Das Syndrom der räumlichen Desorientierung ist eine Kombination von Faktoren, die sich gegenseitig beeinflussen. Dabei sind sowohl internale Bedingungen (physische, psychische und ausbildungsbewirkte) als auch externale Bedingungen (organisatorische, umwelt- und einsatzbedingte sowie technische) von Bedeutung. Mentale und physische Belastungen wie Müdigkeit, Zeitdruck, fehlende Fertigkeiten aufgrund geringer Erfahrung in Verbindung mit weiteren Belastungen wie z.B. Beschleunigungen, Instrumentenfehler, Ablenkungen und ungewohnte Wettererscheinungen während des Fluges können den Piloten überfordern und sein Erregungsniveau stark erhöhen. All diese Faktoren können sich in ihrer zeitlichen Sequenz gegenseitig verstärken und den Verlust einer momentanen räumlichen Orientierung bewirken. Der Flugzeugführer erscheint bei Eintritt einer Desorientierung in seinem Denken und Handeln konfus, fixiert oder blockiert, die Steuerungsorgane werden rau und unkoordiniert bewegt.

Die Besatzung des Unfallfluges hatte die Zusammenstosswarnlichter (anti-collision lights) nicht ausgeschaltet. Die Reflexion der Lichter im Nebel kann eine Desorientierung oder ein Vertigo beim Piloten herbeigeführt oder zumindest begünstigt haben. Eine starke Bewegung mit dem Kopf oder dem gesamten Oberkörper kann beim Piloten kurz nach der Rotationsphase und der noch andauernden Beschleunigungsphase des Flugzeugs zu einer Beeinträchtigung der Orientierungsfähigkeit geführt haben.

Eine derartig induzierte somatogravische Illusion kann dazu führen, dass das Gleichgewichtsorgan dem Piloten ein Manöver des Flugzeugs vermittelt, welches dieses real nicht ausführt. Ohne eine visuelle Referenz zum natürlichen oder künstlichen Horizont – bei Nacht oder unter IMC - kann diese Täuschung zu einem Konflikt zwischen anhaltendem Sinneseindruck und der notwendigen Lagekorrektur des Flugzeugs führen. Eine starke Bewegung des Kopfes kann dabei das Gefühl eines sich Rückwärtsneigens bewirken, also den Eindruck des Anhebens der Flugzeugnase. Die natürliche Gegenreaktion des Piloten wäre ein Nachdrücken des Steuerhorns oder eine entsprechende Betätigung der Trimmung, um das Flugzeug wieder in die als korrekt empfundene Fluglage zu drücken.

Traduction:

Lors d'un passage brusque et inattendu des conditions météorologiques de vol à vue (VMC) aux conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC), il peut arriver que l'orientation spatiale des pilotes soit altérée. Celle-ci dépend de la perception de l'environnement par l'intermédiaire des organes sensoriels. Il peut arriver que des stimuli contradictoires créent des illusions sensorielles qui se traduisent par une désorientation spatiale. Cela peut avoir des conséquences fatales lorsque le pilote ne s'en rend pas compte assez tôt pour prendre des mesures correctives, en particulier à basse altitude.

Le syndrome de désorientation spatiale est une combinaison de facteurs qui s'influencent mutuellement. Les causes peuvent être autant endogènes (physiques, psychiques, formation) qu'exogènes (organisation, contexte, mission, technique). Durant un vol, le pilote peut être dépassé par les événements et devenir fébrile lorsque des facteurs mentaux et physiques comme la fatigue, la hâte ou les lacunes de compétences dues au manque d'expérience s'associent à d'autres formes de stress telles que les accélérations, les erreurs d'instruments, des distractions ou des phénomènes météorologiques inhabituels. Tous ces facteurs peuvent prendre de l'ampleur en interagissant et entraîner une perte temporaire du sens de l'orientation. Lorsqu'il est désorienté, le pilote commence à penser et à agir de manière confuse, se fixe ou se bloque, et les mouvements des organes de commande deviennent brusques et désordonnés.

L'équipage de l'avion accidenté n'avait pas éteint les feux anticollision. Le reflet de la lumière dans le brouillard peut avoir provoqué, ou à tout le moins contribué à l'apparition d'une désorientation ou d'un vertige du pilote. Alors que l'avion se trouve encore dans une phase continue d'accélération, un mouvement prononcé de la tête ou de tout le haut du corps juste après la rotation peut aussi altérer le sens de l'orientation du pilote.

Cette désorientation spatiale est due au phénomène dit de l'illusion somatogravique qui se manifeste par la perception d'un mouvement de tangage par l'oreille interne (organe de l'équilibre) alors qu'en réalité l'avion ne l'effectue pas. Si le pilote ne dispose d'aucune référence visuelle sur l'horizon naturel ou artificiel – de nuit ou dans des conditions IMC –, cette illusion peut créer un conflit entre sa perception sensorielle et sa raison, qui voudrait commander une correction de l'attitude de vol de l'avion. Dans ce type de situation, un mouvement brusque de la tête peut donner l'impression de tomber à la renverse ou d'accentuer le sentiment d'élévation du nez de l'avion. La réaction naturelle du pilote est alors de repousser le manche ou d'agir sur les commandes de compensation afin de ramener l'avion dans une assiette qu'il perçoit comme correcte.

2.2.8.4 Service de la navigation aérienne

2.2.8.4.1 Procédures d'arrivée et de départ

Conformément au concept d'utilisation des pistes de l'aéroport de Zurich, à partir de 20:00 UTC les avions à réaction devaient décoller de la piste 34. Habituellement à cette heure, le volume de trafic est encore assez important, ce qui était le cas le soir de l'accident. Pour des questions d'efficacité, le service de contrôle de la circulation aérienne a donc planifié des groupes de départs et d'arrivées des avions à réaction.

Il faisait d'abord atterrir une série d'avions, puis en faisait décoller une autre. Pour créer les groupes de départs, le service de contrôle de la circulation aérienne tenait compte, d'une part, de l'ordre dans lequel les équipages s'annonçaient prêts pour la mise en route et d'autre part, de l'attribution des créneaux de départ.

En outre, il devait évaluer les conséquences des retards tant pour les avions en circuit d'attente que pour ceux en attente pour le départ. Dans le cas du vol EAB 220, il devait aussi tenir compte des restrictions d'utilisation de l'aéroport de destination.

D'une manière générale, ce soir-là le trafic a été géré conformément au concept usuel.

2.2.8.4.2 Restrictions d'utilisation de l'aéroport de Bern-Belp

Le directeur de l'entreprise de transport aérien est intervenu à 20:34:40 UTC en téléphonant au chef de quart de la tour de contrôle de Zurich. Il lui a expliqué qu'en hiver l'aéroport de Bern-Belp fermait à 21:00 UTC, mais qu'au vu de la situation, il avait obtenu une dérogation jusqu'à 21:30 UTC pour le vol EAB 220 dont c'était la base opérationnelle de l'entreprise. Toutefois cette heure limite devait impérativement être respectée. Après s'être plaint du concept d'utilisation des pistes de l'aéroport de Zurich, il a encore insisté pour que le service de contrôle de la circulation aérienne fasse en sorte que l'avion arrive à Bern-Belp dans le délai convenu.

Le chef de quart lui a expliqué qu'il était tenu d'appliquer le concept d'utilisation des pistes et qu'il lui était par exemple interdit de faire décoller un avion de la piste 28 à cette heure, même un petit jet. Il lui a aussi dit que ce concept obligeait le service du contrôle de la circulation aérienne à effectuer tous les départs des avions à réaction de la piste 34 et toutes les arrivées sur la piste 16. Pour garantir un déroulement efficace,

il devait regrouper d'une part les décollages et d'autre part les atterrissages. A de moment-là se déroulait une phase d'atterrissages. Pour compliquer la situation, l'espacement entre les avions en approche avait dû être augmenté en raison des mauvaises conditions météorologiques.

Après une longue discussion, le chef de quart a proposé au directeur de l'entreprise de placer le vol EAB 220 en tête du prochain groupe de départs au lieu de la troisième position comme initialement prévu. Cela lui faisait gagner 3 à 4 min. Il lui a également promis de s'arranger avec les autres organes du contrôle de la circulation aérienne afin d'obtenir l'itinéraire le plus direct pour rejoindre Bern-Belp. Toutes ces mesures devaient permettre à l'équipage d'atterrir à Bern-Belp à 21:30 UTC.

Le directeur de l'entreprise de transport aérien accepta cette proposition et remercia le chef de quart.

2.2.8.4.3 Gestion du vol EAB 220

A 20:43:50 UTC, le contrôleur de l'aire de trafic (CAT) a donné l'autorisation de mise en route à l'équipage. Dans les échanges radio qui ont suivi, on constate qu'à mesure que l'heure de décollage est retardée, l'équipage est de plus en plus fébrile. Les raisons de sa hâte étaient d'une part, les retards liés aux conditions météorologiques à l'origine des mesures de gestion du trafic et d'autre part, le fait qu'un atterrissage à Bern-Belp avant 21:30 UTC paraissait de plus en plus compromis.

L'équipage a donc insisté auprès du CAT avec une hâte remarquée pour quitter rapidement son aire de stationnement. Le fait qu'une minute après avoir obtenu l'autorisation de roulage, l'équipage EAB 220 a demandé qu'on lui répète cette autorisation («*Swiss Eagle 220, sorry for that, can you say the clearance again?*») peut être interprété comme un signe de stress de la part des deux pilotes.

Le vol EAB 220 a pris contact avec le contrôle d'aérodrome (ADC) à 20:56:50 UTC et lui a annoncé que l'appareil se trouvait sur la voie de circulation 9, peu avant le début de la piste 34. Le CCA a ordonné à l'équipage d'attendre devant la piste 34 car des atterrissages étaient en cours. A 21:04:51 UTC, l'équipage a reçu l'autorisation d'ADC de rouler vers la position de décollage de la piste 34.

ADC a alors demandé à l'équipage si l'éclairage lui convenait sans obtenir de réponse claire. La visibilité au sol était alors de 100 m en raison de bancs de brouillard étendus.

Le vol EAB 220 a décollé de la piste 34 à 21:06 UTC. Peu après, le CAT lui a ordonné de contacter *Zurich Arrival* sur la fréquence 118,000 MHz. Le commandant a confirmé cette instruction. A cet instant le CAT voyait encore l'appareil sur son écran de contrôle et a constaté qu'il était en vol de montée à 1900 ft.

Quelques instants plus tard, il constata que EAB 220 disparaissait de son écran de contrôle. Ce genre de situation se produisant occasionnellement, il a attendu un bref instant. Comme l'écho ne réapparaissait pas, il s'est renseigné auprès de son collègue de *Zurich Arrival* pour savoir si le vol EAB 220 l'avait déjà contacté. Celui-ci ayant répondu négativement, le CAT a rappelé l'équipage plusieurs fois. Durant ces appels, il a entendu parler d'un crash d'avion sur la fréquence d'un véhicule de service.

A 21:08:25 UTC, ADC a déclenché l'alarme générale, soit 90 s après le dernier contact radio avec l'équipage EAB 220.

2.2.8.4.4 Procédures d'exploitation en cas de mauvaise visibilité

A 20:20 UTC le registre TWR comporte une inscription du chef de quart de la tour de contrôle indiquant le début de l'application des procédures d'exploitation par mauvaise visibilité (LVP). Il est impossible de dire si la phase de préparation était déjà terminée. Les LVP n'ont pas été activées.

Lors d'un appel sur la fréquence de CLD à 19:56:43 UTC, l'équipage EAB 220 a déclaré qu'il disposait de l'information ATIS X (X-RAY). Le CCA responsable du vol n'a pas communiqué de nouvelle RVR à l'équipage jusqu'au moment où le HB-VLV a été autorisé à rouler sur la piste de décollage, soit à 21:04:51 UTC.

A 21:05:54 UTC, l'équipage a reçu l'autorisation de décoller de la piste 34. Là encore, il n'a reçu aucune information récente au sujet de la RVR. A 21:05:47 UTC, les RVR suivantes ont été affichées à la tour de contrôle pour la piste 34: *touch-down zone* 400 m, *mid-point* 1700 m, *stop-end* 350 m. Avec de telles valeurs et conformément aux directives contenues dans l'ATMM, il aurait fallu communiquer à l'équipage non seulement la valeur actuelle dans la zone de toucher des roues (TDZ) mais aussi celle à l'extrémité d'arrêt (END).

2.2.8.5 Entreprise de transport aérien

Texte original:

Das Flugbetriebsunternehmen war als klassischer Kleinbetrieb geprägt durch seinen Gründer und Geschäftsführer, der sein Unternehmen in autoritärer Weise leitete. Die Entscheidungsgewalt lag grundsätzlich bei dieser Person. Von seinen Flugzeugführern verlangte der Geschäftsführer die Einhaltung der von ihm gemachten Vorgaben ohne Wenn und Aber. Dieser Führungsstil führte zu einer wenig vertrauensvollen Arbeitsatmosphäre zwischen Flugzeugführern und Geschäftsführer. Eine betriebsinterne Kritik- und Konfliktkultur entwickelte sich nicht.

Der große Kostendruck in der gesamten Branche galt auch für die Flugbetriebsunternehmen und hatte seine Auswirkungen auf die Durchführung des Flugbetriebs: Operative Entscheidungen mussten unter kostenminimierenden Gesichtspunkten getroffen werden. So wurde zum Beispiel das Enteisen des Flugzeuges per Hand mittels Sprühflasche und Eiskratzer durch die Besatzung durchgeführt, um die nicht unbeträchtlichen Kosten für eine Enteisung durch Dritte zu vermeiden.

Die Position eines Flugsicherheitsbeauftragten, der firmenintern die Funktion eines von der Flugbetriebsleitung unabhängigen Qualitätskontrolleurs wahrnimmt und für die Einhaltung der sicherheitsrelevanten Vorschriften und Verfahren zu sorgen hat, war unter den für das Unternehmen geltenden Bestimmungen nicht vorgeschrieben und gab es auch nicht.

Traduction:

Comme bien des petites entreprises de cette catégorie, l'entreprise de transport aérien était fortement marquée par le style de gestion autoritaire de son fondateur et directeur, qui était la dernière instance de décision. Il exigeait de ses pilotes qu'ils respectent ses ordres sans discuter. Ce style de gestion a contribué à créer une situation de travail peu propice à l'établissement de relations de confiance entre les pilotes et le directeur. Une culture d'entreprise en faveur de la gestion des conflits et de la critique ne s'y était pas développée.

La forte pression sur les coûts qui pesait sur l'ensemble de la branche n'a pas épargné l'entreprise de transport aérien, entraînant des répercussions sur l'opération de vol. Les décisions opérationnelles devaient être prises dans une optique de minimisation des coûts. C'est par exemple dans ce contexte qu'il a été décidé de faire exécuter le dégivrage des avions par les équipages en les dotant d'une bombonne de produit dégivrant et d'un racloir, afin d'éviter les coûts non négligeables d'un dégivrage par des tiers.

L'entreprise n'avait pas créé de poste de responsable de la sécurité aérienne dont la fonction aurait été d'exercer un contrôle de qualité indépendant de la direction de l'opération de vol et de surveiller l'application par l'entreprise des dispositions et procédures de sécurité. Ce poste n'était pas prescrit par la réglementation en vigueur.

Fin de traduction.

L'entreprise de transport aérien Eagle Air Ltd. n'était pas certifiée selon JAR-OPS 1. Ainsi l'ordonnance relative aux règles d'exploitation pour le transport aérien commercial (ORE I) était applicable pour le service de vol. Pour cette raison, elle n'a pas dû prendre entre autres les mesures suivantes:

- Faire approuver des procédures d'exploitation par mauvaise visibilité (LVP) par l'autorité de surveillance et les publier dans le manuel d'exploitation (OM A).
- Equiper l'avion d'un système déclencheur d'alarme en cas de descente inopinée après le décollage (GPWS).

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- Aucun élément ne permet d'affirmer que l'avion HB-VLV n'était pas en état de vol au moment de l'accident.
- Aucun registre technique n'a été trouvé, ni dans l'épave, ni dans le dossier technique.
- La documentation sur l'état technique de l'appareil était incomplète.
- L'avion n'était doté d'aucun système déclencheur d'alarme en cas de descente inopinée après le décollage (GPWS). Le mode 3 de ce dispositif (*altitude loss after take-off*) aurait averti l'équipage à temps de la perte d'altitude de l'avion après le décollage.
- En raison de la défectuosité de l'enregistreur de conversations du cockpit (CVR), les conversations de l'équipage durant le dernier vol n'ont pas été enregistrées.
- L'influence du givrage dans le déroulement de l'accident peut être exclue.

3.1.2 Equipage

- Selon les documents fournis, les pilotes étaient titulaires de licences de vol valables.
- L'enquête n'a fourni aucun élément concluant à une cause de l'accident d'origine médicale.
- Le jour précédant l'accident, le commandant n'a pas accompli de période de service de vol.
- La période de repos du commandant avant le jour de l'accident a été de 35 h et 50 min.
- Au moment de l'accident, la période de service de vol du commandant était de 9 h et 17 min.
- Le commandant était employé par l'entreprise de transport aérien. Cet emploi était son activité lucrative principale.
- Le jour précédant l'accident, le copilote a accompli une période de service de vol de 3 h et 10 min.
- La période de repos du copilote avant le jour de l'accident a été de 22 h et 40 min.
- Au moment de l'accident, la période de service de vol du copilote était de 9 h et 17 min.
- Le copilote travaillait à temps partiel pour l'entreprise de transport aérien.
- Le copilote ne bénéficiait pas encore d'une grande expérience dans le pilotage sous conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC).
- L'analyse de la conduite de l'avion pendant la phase de décollage, ainsi que les communications entre les contrôleurs et l'équipage permettent de conclure que le copilote était pilote en fonction (PF) et que le commandant était le pilote non en fonction (PNF) durant le vol fatal.

3.1.3 Déroulement du vol

- L'exécution du vol s'est réalisée sous une grande pression du temps.
- A 21:06 UTC, l'équipage a exécuté un décollage par mauvaise visibilité (LVTO) sur la piste 34.
- L'équipage a roulé sur la piste en augmentant progressivement la puissance pour le décollage (décollage en roulant).
- Les feux anticollision étaient enclenchés.
- Juste après le décollage, l'équipage a perdu toutes ses références visuelles.
- L'avion n'a cessé de prendre de la vitesse du décollage jusqu'à l'impact avec le sol.
- Au moment de la rétraction des volets, les compensateurs de la gouverne de profondeur ont commencé à se mouvoir dans le sens «piqué» (nose down). Ce mouvement a duré 8,5 s, ce qui est plus long que pour les vols précédents.
- Après avoir atteint une hauteur de 500-600 ft AGL, l'avion a entamé un vol de descente.
- Une manœuvre de rétablissement a été effectuée, mais n'a pas permis d'éviter l'impact avec le sol.
- Le pilote non en fonction (PNF) n'a pas surveillé le pilote en fonction (PF) avec suffisamment d'attention.
- Les chances de survie étaient nulles.

3.1.4 Cadre général

- Après l'atterrissage à Zurich, le décollage de l'avion a dû être reporté en raison des mauvaises conditions météorologiques régnant sur l'aéroport et des restrictions d'utilisation des pistes.
- L'avion aurait dû atterrir à Bern-Belp à 21:30 UTC au plus tard.
- Le directeur de l'entreprise de transport aérien a demandé au chef de quart d'avancer le décollage et a souligné que le vol de convoyage devait absolument avoir lieu.
- Le directeur de l'entreprise de transport aérien a eu plusieurs contacts téléphoniques avec l'équipage.
- A l'époque de l'accident, l'entreprise de transport aérien n'était pas certifiée selon JAR-OPS 1.
- Toutes les procédures relatives au travail à deux dans le poste de pilotage n'étaient pas décrites dans le manuel des opérations en vol de l'entreprise.
- L'entreprise de transport aérien n'avait émis aucune procédure à l'intention des équipages pour les décollages par mauvaise visibilité (LVTO).
- Selon les procédures de l'entreprise de transport aérien, le commandant devait entre autres être aux commandes pour le décollage si les conditions étaient défavorables.
- Du côté du copilote, l'avion était doté de l'équipement minimal prescrit pour le vol aux instruments.

- Du côté du commandant, l'avion était doté d'un système d'instruments de vol électroniques (EFIS) moderne.
- Le début de l'application des procédures d'exploitation par mauvaise visibilité (LVP) a été consigné à 20:20 UTC dans le registre de la tour de contrôle.
- L'activation des LVP par la direction de la circulation aérienne, c'est-à-dire la publication par ATIS ou par radio que celles-ci étaient en vigueur, n'a pas eu lieu.
- A 21:05:47 UTC, les RVR suivantes pour la piste 34 ont été affichées à la tour de contrôle: *touch-down zone* 400 m, *mid-point* 1700 m, *stop-end* 350 m.
- Le contrôleur de la circulation aérienne ADC n'a pas transmis de valeurs RVR à l'équipage.

3.2 Causes

L'accident du HB-VLV est dû au fait que l'équipage n'a pas poursuivi le vol de montée après le décollage. Ensuite, l'avion est passé en vol de descente et a heurté le sol.

L'enquête a établi les facteurs de causalité suivants:

- Selon toute vraisemblance, l'équipage a perdu le sens de l'orientation spatiale après le décollage et entraîné involontairement l'avion dans un vol de descente.

Les facteurs suivants ont joué un rôle dans l'accident ou l'ont rendu possible:

- Dans le cadre de sa formation de base pour le vol aux instruments, le copilote n'a pas été instruit pour le décollage aux instruments de nuit.
- L'empressement a nuit à la méthode de travail au sein de l'équipage.
- Le choix de réaliser un décollage en roulant n'était pas adéquat, vu les conditions météorologiques du moment.
- L'avion n'était doté d'aucun système déclencheur d'alarme en cas de descente inopinée après le décollage (GPWS).
- L'instrumentation du côté copilote n'était pas optimale.

Ce rapport sert uniquement à la prévention des accidents. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances de l'accident (art. 24 de la loi fédérale sur l'aviation).

4 Recommandations de sécurité et mesures adoptées pour améliorer la sécurité aérienne

4.1 Recommandations de sécurité

4.1.1 Licences d'exploitation des entreprises suisses de transport aérien selon les Codes communs de l'aviation (JAR)

4.1.1.1 Déficit de sécurité

Un Cessna CE 560 Citation V a décollé de la piste 34 de l'aéroport de Zurich de nuit et par mauvaise visibilité pour un vol de convoyage à destination de Bern-Belp. Après le décollage, l'appareil est monté jusqu'à 500-600 ft AGL puis a commencé à perdre de l'altitude et s'est écrasé au sol.

Selon toute vraisemblance, l'équipage a perdu le sens de l'orientation spatiale et entraîné involontairement l'avion dans un vol de descente.

Au moment de l'accident, l'entreprise de transport aérien Eagle Air Ltd. bénéficiait d'une autorisation d'exploitation selon l'ordonnance relative aux règles d'exploitation pour le transport aérien commercial (ORE I). Avec une certification selon JAR-OPS 1, les conditions suivantes auraient été remplies:

- Elle aurait été contrainte de faire approuver des procédures pour l'exploitation en cas de mauvaise visibilité (LVP) par l'autorité de surveillance, l'OFAC, et de les publier dans le manuel d'exploitation (OM A).
- Elle aurait dû faire équiper l'avion d'un dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS), qui déclenche des alarmes en cas de rapprochement inopiné du sol.

4.1.1.2 Recommandation de sécurité No. 327

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait faire en sorte que toutes les entreprises suisses de transport aérien licenciées sous le régime de l'ordonnance sur les règles d'exploitation dans le trafic aérien commercial (ORE I) soient certifiées sans délai selon les directives JAR.

4.1.2 Instruments nécessaires dans le poste de pilotage pour garantir une exploitation efficace en équipage double

4.1.2.1 Déficit de sécurité

Un Cessna CE 560 Citation V a décollé de la piste 34 de l'aéroport de Zurich de nuit et par mauvaise visibilité pour un vol de convoyage à destination de Bern-Belp. Peu après le décollage, l'appareil a commencé à perdre de l'altitude et s'est écrasé au sol.

L'enquête a montré que l'instrumentation de l'avion n'était pas optimale pour un pilotage en équipage double. Les instruments principaux installés en place droite étaient moins adaptés que ceux de la place gauche.

4.1.2.2 Recommandation de sécurité No. 328

L'Office fédéral de l'aviation civile devrait faire en sorte que les avions exploités en équipage double soient dotés d'instruments équivalents des deux côtés du cockpit afin de garantir un pilotage de qualité équivalente dans toutes les phases de vol aux deux postes de travail.

Glossaire

AAL	<i>Above Aerodrome Level</i>	au-dessus du niveau de l'aéroport
AD	<i>Airworthiness Directive</i>	consigne de navigabilité
ADC	<i>AeroDrome Control (tower)</i>	contrôle d'aérodrome
ADC	<i>Air Data Computer</i>	centrale anémobarométrique
ADF	<i>Automatic Direction Finding equipment</i>	radiogoniomètre automatique
ADI	<i>Attitude Director Indicator</i>	indicateur directeur d'attitude
ADS	<i>Air Data System</i>	système anémobarométrique
AFM	<i>Aeroplane Flight Manual</i>	manuel de vol de l'aéronef
AGL	<i>Above Ground Level</i>	au-dessus du sol
AIP	<i>aeronautical information publication</i>	publication d'information aéronautique
AMSL	<i>above mean sea level</i>	au-dessus du niveau de la mer
AND	<i>attitude nose down</i>	assiette descendante
ANU	<i>attitude nose up</i>	assiette montante
AOC	<i>Air Operators Certificate</i>	Certificat d'exploitant aérien
APN	<i>apron</i>	aire de trafic
APW	<i>approach control west</i>	contrôle d'approche Ouest
ATC	<i>air traffic control</i>	contrôle de la circulation aérienne
ATIS	<i>automatic terminal information service</i>	service automatique d'information de région terminale
ATMM	<i>Air Traffic Management Manual</i>	manuel de gestion du trafic aérien
ATPL	<i>air transport pilot licence</i>	licence de pilote de ligne
AWO	<i>all weather operations</i>	exploitation tous temps
BEAA		Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation
BFU-D	<i>Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung Deutschland</i>	Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation - Allemagne
BKN	<i>broken</i>	fragmenté, 5-7 octas
BRG	<i>bearing</i>	Relèvement
B-RNAV	<i>Basic aRea NAVigation</i>	système de navigation de zone - basique
CAM	<i>cockpit area microphone</i>	microphone d'ambiance
CAT		Contrôleur de l'Aire de Trafic
CAT I	<i>CATegory I</i>	catégorie I
CCA		Contrôleur de la Circulation Aérienne
CDI	<i>Course Deviation Indicator</i>	indicateur de déviation de cap
CDU	<i>Control Display Unit</i>	boîte de commande et d'affichage
CESCOM	<i>CESsna COmputerized Maintenance</i>	logiciel de maintenance Cessna
CLD	<i>CLearance Delivery</i>	service „prévol“
COM	<i>COMmunication</i>	communication
COPI	<i>copilot</i>	Copilote
CPL	<i>commercial pilot licence</i>	licence de pilote professionnel
CR	<i>Class Rating</i>	qualification de classe
CRM	<i>crew resource management</i>	gestion des ressources de l'équipage
CRS	<i>course</i>	radioalignement, alignement
CVR	<i>cockpit voice recorder</i>	enregistreur de conversations de poste de pilotage

DDS	<i>Digital Data Storage</i>	stockage numérique de données
DFDR	<i>digital flight data recorder</i>	enregistreur numérique de données de vol
DH	<i>Descision Height</i>	hauteur de décision
DME	<i>Distance Measuring Equipment</i>	dispositif de mesure de distance
DOC	<i>Designated Operational Coverage</i>	couverture opérationnelle spécifiée
DVOR	<i>Doppler VOR</i>	VOR Doppler
EADI	<i>Electronic Attitude Director Indicator</i>	indicateur directeur électronique d'attitude
EFIS	<i>Electronic Flight Instrument System</i>	système d'instruments de vol électroniques
EHSI	<i>electronic horizontal situation indicator</i>	indicateur électronique de situation horizontale
END	<i>stop-end</i>	extrémité d'arrêt
FAA	<i>Federal Aviation Authority</i>	autorités américaines de l'aviation civile
FEW	<i>FEW</i>	peu, 1-2 octas
FI	<i>Flight Instructor</i>	instructeur de vol
FL	<i>Flight Level</i>	niveau de vol
FOM	<i>flight operatios manual</i>	manuel d'exploitation
ft	<i>feet</i>	pied (1 ft = 0,3048 m)
GAC	<i>general aviation center</i>	centre d'aviation générale
GLI	<i>GLIders</i>	planeurs
GNS	<i>Global Navigation Système</i>	système mondial de navigation
GPS	<i>global positioning system</i>	système de navigation par satellite
GPWC	<i>ground proximity warning computer</i>	ordinateur d'avertisseur de proximité du sol
GPWS	<i>ground proximity warning system</i>	dispositif avertisseur de proximité du sol
GRO	<i>ground control</i>	contrôle sol
HDG	<i>heading</i>	cap
hPa		hectopascal
HSI	<i>horizontal situation indicator</i>	indicateur de situation horizontale
IAP		Instruction aéronautique préparatoire
IAS	<i>Indicated AirSpeed</i>	vitesse indiquée
ICAO	<i>International Civil Aviation Organisation</i>	organisation de l'aviation civile internationale
IFR	<i>instrument flight rules</i>	règles de vol aux instruments
ILS	<i>instrument landing system</i>	système d'atterrissage aux instruments
IMC	<i>instrument meteorological conditions</i>	conditions météorologiques de vol aux instruments
IPG	<i>IFR procedure group</i>	groupe de procédure IFR
IR	<i>instrument rating</i>	qualification de vol aux instruments
ISO	<i>International Standard Orders</i>	organisation internationale de normalisation

JAA	<i>Joint Aviation Authorities</i>	Autorités Conjointes de l'Aviation
JAR	<i>Joint Aviation Requirements</i>	Codes communs de l'aviation
KHz	<i>kiloHerZ</i>	kilohertz
KLAS	<i>knots indicated airspeed</i>	vitesse indiquée exprimée en nœuds
kt	<i>knots</i>	nœuds (1 kt = 1 NM/h)
LA		loi fédérale sur l'aviation
LIH	<i>light intensity high</i>	balisage à haute intensité lumineuse
LIL	<i>light intensity low</i>	balisage à faible intensité lumineuse
LLZ ZRH	<i>LocaLiZer ZuRicH</i>	Radioalignement de piste de Zürich
LMC	<i>last minute change</i>	changement de dernière minute
LOC	<i>localizer</i>	radioalignement de piste
LT	<i>local time</i>	heure locale
LVO	<i>low visibility operations</i>	opération par mauvaise visibilité
LVP	<i>low visibility procedures</i>	procédures par mauvaise visibilité
LVTO	<i>low visibility take-off</i>	décollage par mauvaise visibilité
MAC	<i>Mean Aerodynamic Cord</i>	corde aérodynamique moyenne
ME	<i>Multi Engine</i>	Multimoteurs
MEP	<i>Multi Engine piston</i>	Multimoteurs piston
METAR	<i>METeorological Aerodrome Report</i>	message d'observation météorologique régulière pour l'aviation
MHz	<i>MegaHerZ</i>	mégahertz
MNPS	<i>Minimum Navigation Performance System</i>	Zone aérienne réservée aux avions dotés d'équipements de navigation performants
NAP	<i>noise abatement procedure</i>	procédure d'exploitation à moindre bruit
NAT	<i>North ATlantic</i>	atlantique nord
NAV	<i>NAVigation</i>	navigation
NAV	<i>NAVigation</i>	navigation
NIT	<i>NIghT</i>	extension au vol de nuit
MKR	<i>marker</i>	radioborne
NM	<i>nautical mile</i>	nautique (1 NM = 1,852 km)
NMS	<i>navigation management system</i>	système de gestion de la navigation
NMU	<i>navigation management unit</i>	unité de gestion de la navigation
OACI		Organisation de l'aviation civile internationale
OAT	<i>Outside Air Temperature</i>	température ambiante extérieure
OFAC		Office Fédéral de l'Aviation Civile
OM	<i>operations manual</i>	manuel d'exploitation
OPEA		ordonnance sur le personnel préposé à l'entretien des aéronefs
ORE I		ordonnance sur les règles d'exploitation dans le trafic aérien commercial
OSAv		ordonnance sur l'aviation

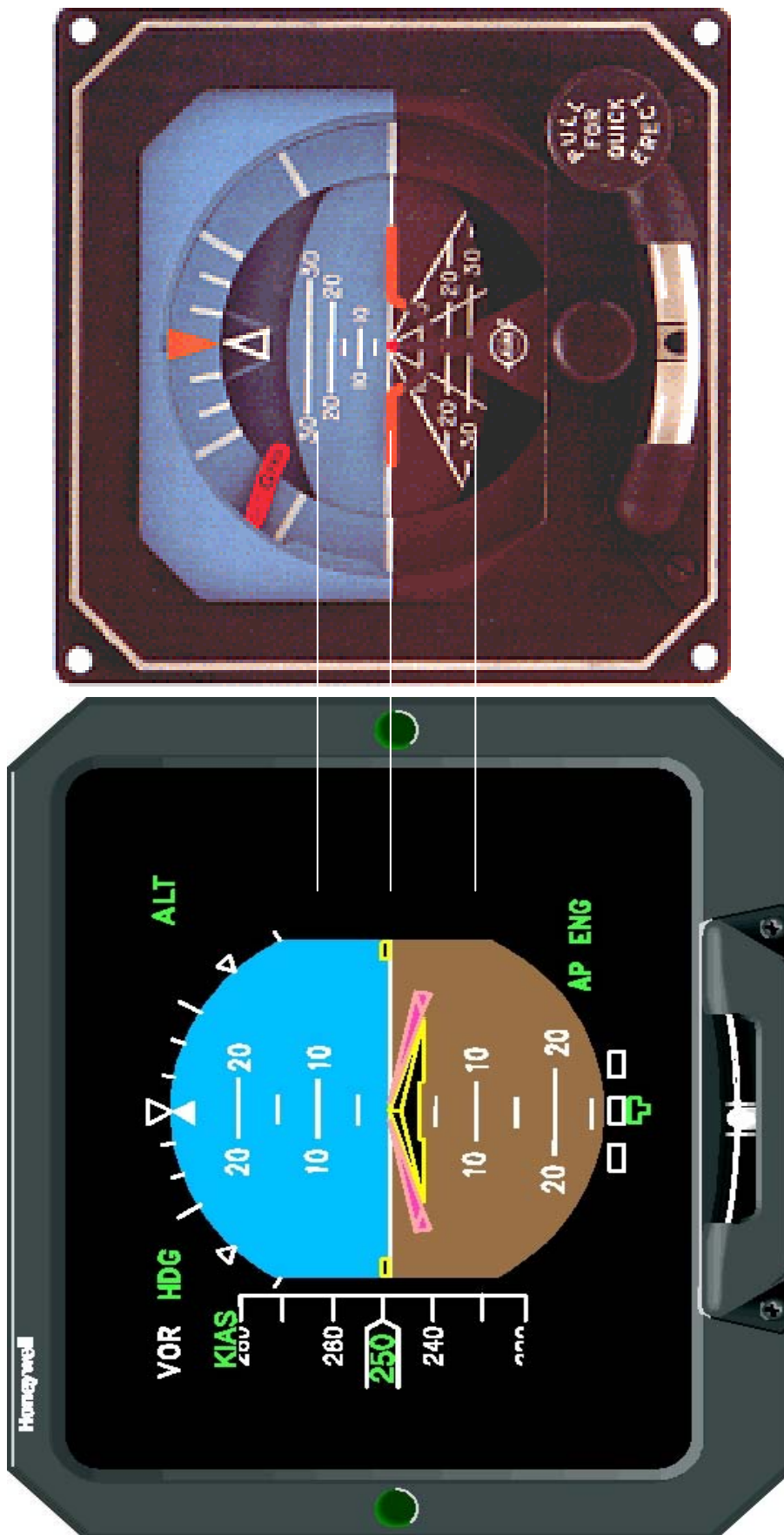
PA	<i>Public Adress</i>	ystème de sonorisation cabine
PF	<i>Pilot Flying</i>	pilote en fonction
PIC	<i>Pilot In Command</i>	pilote commandant de bord
PNF	<i>pilot non flying</i>	pilote non en fonction
PPL	<i>private pilot licence</i>	licence de pilote privé
PWR	<i>PoWeR</i>	alimentation
QAM	<i>weather report</i>	message d'observation météorologique locale
QFE	<i>airfield related static pressure</i>	pression atmosphérique à l'altitude de l'aérodrome
QNH	<i>mean sea level related static pressure</i>	pression atmosphérique rétablie au niveau de la mer, calculée selon la table d'atmosphère type de l'OACI
RMI	<i>RadioMagnetic Indicator</i>	indicateur radiomagnétique
RNAV	<i>aRea NAVigation</i>	système de navigation de zone
RNP	<i>Required Navigation Performance</i>	performance de navigation exigée
RVR	<i>runway visual range</i>	portée visuelle de piste
RWY	<i>RunWaY</i>	piste
S/N	<i>serial number</i>	numéro de série
SAFA	<i>Safety Assessment of Foreign Aircraft</i>	Evaluation de la sécurité des aéronefs étrangers
SB	<i>service bulletin</i>	service obligatoire
SCT	<i>SCaTtered</i>	épars, 3-4 octas
SE	<i>Single Engine</i>	monomoteur
SIC	<i>Second In Command</i>	pilote assistant
SID	<i>standard instrument departure</i>	départ normalisé aux instruments
SL	<i>service letter</i>	attestation de service
SOP	<i>standard operating procedure</i>	Procédure d'utilisation normalisée
STAR	<i>standard instrument arrival route</i>	arrivée normalisée en région terminale
SYMA	<i>SYStem MAnager</i>	système de gestion
TDZ	<i>touchdown zone</i>	zone de toucher des roues
TMM	<i>transmissometer</i>	transmissiomètre
TO	<i>take-off</i>	décollage
TR	<i>type rating</i>	qualification de type
TST	<i>TeST</i>	test
TWR	<i>tower</i>	tour de contrôle d'aérodrome
TWY	<i>taxiway</i>	voie de circulation
UTC	<i>universal time coordinated</i>	temps universel coordonné
VERT	<i>VERTical</i>	vertical
VFR	<i>visual flight rules</i>	règles de vol à vue
VHF	<i>very high frequency</i>	très haute fréquence
VMC	<i>visual meteorological conditions</i>	conditions météorologiques de vol à vue
VOR	<i>VHF omnidirectional radio range</i>	radiophare omnidirectionnel VHF
VRB	<i>VaRiABle wind direction</i>	direction de vent variable

WX *Weather*

ZUE VOR *Zurich East VOR*

5 Annexes

5.1 Comparaison EADI et AI, échelle 1:1



AI – AIM Horizon

EADI – Honeywell ED600

5.2 Cessna CE 560 Citation V - profil de décollage normal

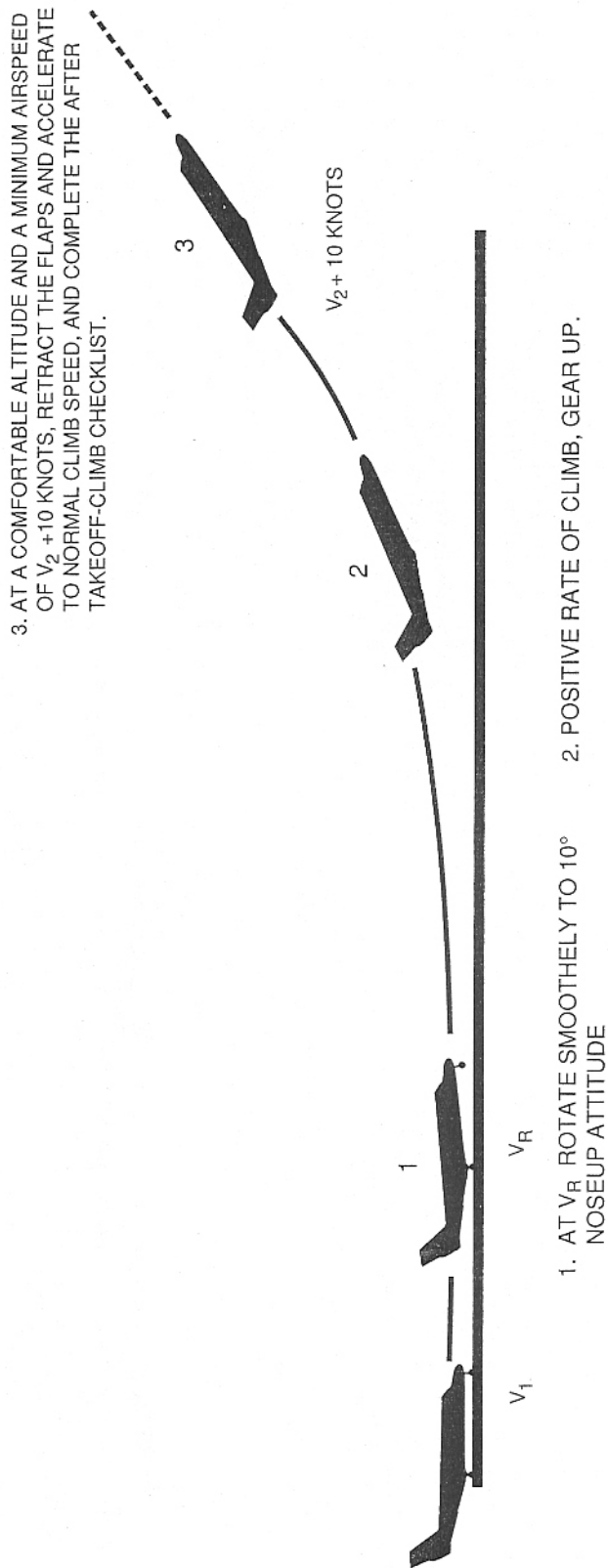


Figure GEN-1. Takeoff—Normal

5.3 Application des procédures par mauvaise visibilité à Zurich

LVP	RVR	CAT	
LVP Prep Phase	750m	CAT I	
	600m		
LVP Application Phase	550m	CAT II	
	500m		
	375m	LVTO	
	350m		
	325m		CAT III
	0m		

Activation	Via ATIS or RTF: “ Low Visibility Procedures In Operation ”.
Application	Arrivals: RVR for TDZ 550 m or less. Low visibility take-offs: RVR 375 m or less at any RVR position on the departure runway.
Protection of ILS sensitive areas	Ensured by ATC as per Section 4.
Radar vectoring	Arriving aircraft are vectored so as to ensure LLZ intercept according to local procedures.
Clearance for approach	ATC issues clearance for an ILS approach regardless of the ILS category applied or the prevailing weather conditions.
Meteorological information	Prior to commencing final approach, the RVR value will be transmitted. Additionally, the latest RVR values will be transmitted by TWR.
Clearance to land	Normally given before an arriving aircraft reaches 2 NM from touchdown; exceptionally a clearance should not be delayed to less than 1 NM from touchdown, provided that the flight crew are warned to expect a late landing clearance.
Deactivation of LVPs	If weather conditions indicate sustained improvement to RVR 600 m or greater, LVP application will be cancelled. Pilots will be advised by RTF - “Low visibility procedures cancelled at time....” The ATIS will be updated, removing any reference to LVPs. The preparation phase will remain in force until the RVR improves to 800 m or greater.

5.4 Standard Instrument Departure „Willisau 3N“

10-3B 15 MAY 00 EFF 18 MWY SID ZÜRICH, SWITZERLAND ZÜRICH

WILLISAU DEPARTURES (RWYS 32, 10, 34, 16, 28)

WIL 3A
WIL 3B
WIL 3C
WIL 3E
WIL 3W
WIL 3V
WIL 3X
WIL 3Y
WIL 3Z

WIL 16
WIL 20
WIL 22
WIL 24
WIL 26
WIL 28
WIL 30
WIL 32
WIL 34
WIL 36

SID	RWY	ROUTING	ALTITUDE
WIL 3N	34	On 335° track (use ILS 16 for track guidance) to KLO 2.1 DME, whichever is later, turn LEFT (MAX IAS 210 KT), 245° track, intercept TRA R-192 to Bregio Int, intercept WIL R-055 inbound to WIL VORDME. Initial climb clearance 5000'.	Cross Bregio Int at or above 6000', ZH551 Int and WIL VORDME at or above 7000'.
WIL 3S	16	Climb straight ahead, if in VMC turn left (MAX IAS 210 KT) as soon as possible, but not before KLO 2.1 DME, maintain visual ground contact up to 2800', intercept WIL R-055 inbound to WIL VORDME. Initial climb clearance 5000'.	Cross KLO R-360 at or above 4000', Bregio Int at or above 6000', ZH551 Int and WIL VORDME at or above 7000'.
WIL 3V	(FOR PROPELLER AIRCRAFT IN VISUAL CONDITIONS ONLY)	Climb straight ahead, short VISUAL RIGHT turn not before KLO 2.1 DME or when instructed by ATC, complete turn within 2nm south of runway 10 and maintain visual ground contact up to 4400', 270° track, intercept WIL R-055 inbound to WIL VORDME. Initial climb clearance 5000'.	Cross Bregio Int at or above 6000', ZH551 Int and WIL VORDME at or above 7000'.
WIL 3W	28	Climb straight ahead to KLO 2.3 DME, turn LEFT, intercept WIL R-055 inbound to WIL VORDME. Initial climb clearance FL80.	Cross Bregio Int at or above 6000', ZH551 Int and WIL VORDME at or above 7000'.

NOT TO SCALE

Noise monitoring point

SPEED RESTRICTION
MAX IAS 250 KT AT or below FL100 or as by ATC.

MSA KLO VOR

WIL 3A: 332° track (Rwy 32) or 335° track (Rwy 34).
 2 Between 2200 and 0700 LT, if 3500' is not achieved at KLO 4 DME advise ATC. 336° track (Rwy 32) or 335° track (Rwy 34) to KLO 9 DME, turn LEFT, intercept TRA R-192.
 3 If in IMC turn LEFT (MAX IAS 210 KT) at 2400' or KLO 2.4 DME, whichever is earlier. Earliest turning point KLO 1 DME.
 4 Allocated only if the relevant hill tops for visual part are clearly visible by TWR.

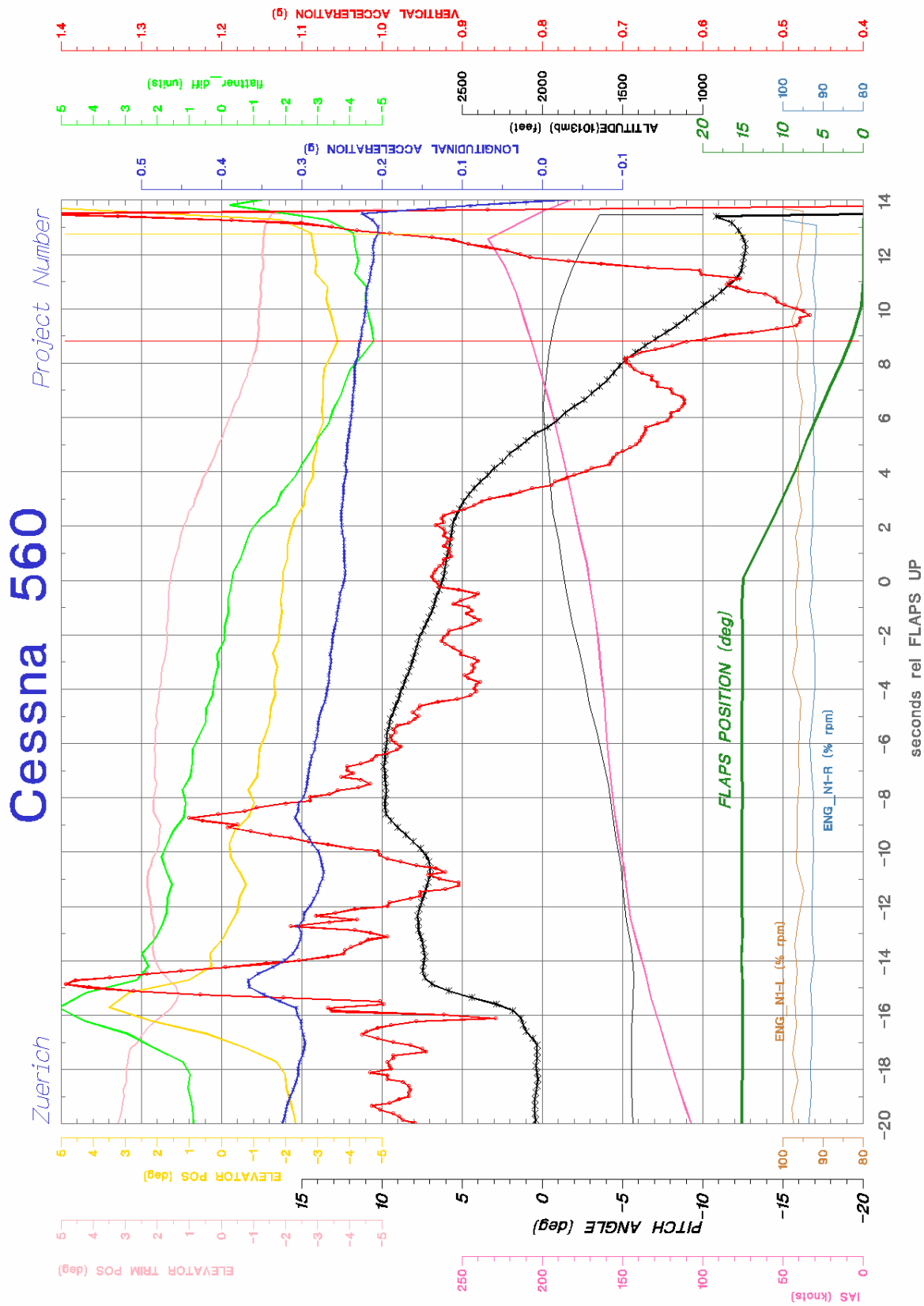
SIDs are also minimum noise routings. Strict adherence within the limits of aircraft performance is mandatory.
 These SIDs require minimum climb gradients of:
 WIL 3A: 365' per nm (6%) up to 2800'.
 WIL 3B: 365' per nm (6%) up to 2500'.
 WIL 3C: 322' per nm (5.3%) up to 3000'.
 WIL 3S: 352' per nm (5.8%) up to 2200'.
 WIL 3W: 383' per nm (6.3%) up to 4500'.
 Gnd speed-Kts 75 100 150 200 250 300
 383' per nm 479 638 957 1276 1595 1914
 365' per nm 456 608 911 1215 1519 1923
 322' per nm 441 587 881 1175 1468 1762
 352' per nm 403 537 805 1073 1342 1610

RWY 16 - VISUAL CONDITIONS FOR TAKE-OFF
Ceiling 1500' - VIS 5000m

When instructed contact Zurich Departure.

CHANGES: SIDs renumbered; chart reinked.

5.5 Représentation graphique des enregistrements DFDR



file : BS_acc_hf3
Created: June 07, 2004

BFU Flight Recorders

5.6 Attitude de l'avion au moment de l'impact



5.7 Site de l'accident

