



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Büro für Flugunfalluntersuchungen BFU
Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation BEAA
Ufficio d'inchiesta sugli infortuni aeronautici UIIA
Uffizi d'investigaziun per accidents d'aviatica UIAA
Aircraft accident investigation bureau AAIB

Rapport final no. 1939 du Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation

concernant l'incident grave
de l'appareil SAAB 2000, HB-IYH
exploité par Crossair, vol CRX 3874
survenu le 21 janvier 2002
à l'aéroport de Zurich

Palais fédéral Nord, CH-3003 Berne

Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurück zu führen, dass während des Fluges in einem Ofen des Flugzeuges ein Feuer ausbrach, weil ein Ofeneinsatz durch einen leicht brennbaren Kunststoff verschmutzt war.

Folgende Faktoren haben die Entstehung des schweren Vorfalls möglicherweise begünstigt:

- Inbetriebnahme des Ofens trotz fehlender Bestandteile.
- Fehlende oder unvollständige Verfahren bezüglich der Reinigung bzw. des Ersatzes von kritischen Komponenten in der Bordküche.

Remarques d'ordre général concernant ce rapport

Ce rapport exprime les conclusions du BEAA sur les circonstances et les causes de cet incident grave.

Conformément à la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI, Annexe 13), l'enquête sur un accident d'aviation ou un incident grave a pour seul objectif la prévention de futurs accidents ou incidents. Elle ne vise nullement à la détermination des fautes ou des responsabilités. Selon l'art. 24 de la loi fédérale sur l'aviation, l'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave.

En conséquence, au cas où ce rapport est utilisé à d'autres fins que la prévention, il faudra tenir compte des réserves qui précèdent.

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

Toutes les heures indiquées dans ce rapport se réfèrent à l'heure universelle coordonnée (*co-ordinated universal time* – UTC). L'heure locale (*local time* – LT) en vigueur en Suisse et au moment de l'incident grave était l'heure de l'Europe centrale (*central european time* – CET). La relation entre LT, CET et UTC était: $LT = CET = UTC + 1 \text{ h}$.

Pour des questions de protection des données et de simplification du texte, ce rapport est exclusivement rédigé au masculin générique.

Table des matières

Aperçu	6
Résumé	6
Enquête	6
1 Les faits	7
1.1 Situation avant les faits et déroulement du vol	7
1.1.1 Généralités	7
1.1.2 Faits précédant l'incident	7
1.1.3 Déroulement du vol	7
1.2 Dommages corporels	10
1.3 Dommages à l'aéronef	10
1.4 Dommages à des tiers	10
1.5 Personnes impliquées	10
1.5.1 Commandant	10
1.5.2 Copilote	11
1.5.3 Agent de bord 1	12
1.5.4 Agent de bord 2	12
1.6 Indications relatives à l'aéronef	12
1.6.1 Aéronef HB-IYH	12
1.6.2 Indications concernant le four de l'avion	13
1.6.2.1 Emplacement	13
1.6.2.2 Température de service	13
1.7 Conditions météorologiques	14
1.7.1 Généralités	14
1.7.2 Situation météorologique générale	14
1.7.3 Conditions météorologiques à l'aéroport de Zurich	14
1.7.3.1 Temps au moment de l'incident grave	14
1.7.3.2 Prévisions d'aérodrome	15
1.7.4 Données astronomiques	15
1.8 Aides à la navigation	15
1.9 Communication	15
1.10 Indications concernant l'aéroport	15
1.10.1 Généralités	15
1.10.2 Equipement des pistes	16
1.10.3 Services de sauvetage et de lutte contre les incendies	16
1.11 Enregistreur de vol	16
1.12 Indications concernant le point d'impact, l'épave et le lieu de l'incident	16
1.13 Résultats des expertises médicale et pathologique	16
1.14 Incendie	16
1.15 Survie	17

1.16	Essais et résultats des recherches effectuées	17
1.16.1	Détermination des causes de l'incendie sur la base de traces	17
1.16.1.1	Généralités	17
1.16.1.2	Microspectrométrie infrarouge	18
1.16.1.3	Microscopie électronique par balayage	18
1.16.1.4	Polyéthylène	19
1.17	Informations concernant les différentes organisations et leur gestion	19
1.17.1	Compagnie aérienne Crossair	19
1.17.1.1	Généralités	19
1.17.1.2	Procédure d'exploitation	19
1.17.1.2.1	Feu à bord	19
1.18	Indications supplémentaires	20
1.19	Techniques d'analyse à disposition ou utilisées effectivement	20
2	Analyse	21
2.1	Aspects techniques	21
2.1.1	Renseignements sur l'aéronef	21
2.1.2	Cause de l'incendie	21
2.2	Aspects d'ordre humain et organisationnel	22
2.2.1	Déroulement au sol	22
2.2.2	Equipage de cabine	22
2.2.3	Equipage	22
3	Conclusions	23
3.1	Résultats de l'enquête	23
3.1.1	Aspects techniques	23
3.1.2	Equipage	23
3.1.3	Situation avant les faits et déroulement du vol	23
3.1.4	Conditions-cadres	24
3.2	Causes	24

Rapport final

Propriétaire	Crossair SA, 4002 Bâle
Exploitant	Crossair SA, 4002 Bâle
Type d'aéronef	SAAB 2000
Pays d'immatriculation	Suisse
Immatriculation	HB-IYH
Lieu	Aéroport de Zurich, commune de Kloten/ZH
	Altitude de l'aéroport: 432 m 1416 ft AMSL
Datet et heure	21 janvier 2002, à 08 h 20 UTC

Aperçu

Résumé

L'aéronef SAAB 2000, immatriculé HB-IYH, a décollé le 21 janvier 2002 à 8 h 12 UTC de l'aéroport de Zurich pour un vol de ligne CRX 3874 à destination de Luxembourg. Lors du vol ascensionnel, un incendie s'est déclaré dans un four. L'équipage a signalé une situation d'urgence (*emergency*) et a immédiatement fait demi-tour sur Zurich. Pendant le vol, le personnel de cabine a réussi à éteindre l'incendie. Les 24 passagers et les quatre membres de l'équipage n'ont pas été blessés.

Enquête

L'équipage du HB-IYH a signalé le 21 janvier 2002 à 8h21 une situation d'urgence. La Garde aérienne suisse de Sauvetage (REGA) a alerté le Bureau d'enquêtes sur les accidents d'aviation (BEAA) à 8 h 30 UTC. Ce dernier a ouvert une enquête, à 8h35, juste après l'atterrissage du vol CRX 3874.

L'incident grave a été provoqué par un incendie qui s'est déclaré durant le vol dans le four de l'aéronef à cause d'un élément du four qui avait été sali par une matière plastique facilement inflammable.

Les facteurs suivants ont probablement favorisé cet incident grave:

- Mise en service du four malgré des pièces manquantes.
- Manquements plus ou moins graves constatés au niveau du nettoyage et du remplacement de certains composants sensibles de la cuisine de bord.

1 Les faits

1.1 Situation avant les faits et déroulement du vol

1.1.1 Généralités

Pour exposer les faits qui suivent, les enregistrements des communications radio, les informations radar ainsi que les témoignages des membres de l'équipage ont été pris en compte.

Pendant le vol, le copilote était aux commandes de l'aéronef (*pilot flying* – PF), le commandant intervenant comme pilote assistant (*pilot not flying* – PNF).

1.1.2 Faits précédant l'incident

Le 19 janvier 2002, soit deux jours avant l'incident grave, un agent de vol utilise les deux fours de la cuisine de bord pour réchauffer des petits pains. A ce moment tout fonctionnait normalement.

Le lendemain, soit le 20 janvier 2002, un autre agent de bord retire, au moment du contrôle de la cuisine de bord (*galley*) de l'aéronef HB-IYH, la paroi arrière amovible du four droit¹. Il constate alors que cette dernière est sale et présente des résidus de matière plastique fondue. Il décrit ces résidus comme étant „*un genre de silicone blanc translucide*”. En outre, il constate que le disjoncteur (*circuit breaker* – CB) sensé protéger le four n'est pas enclenché. Cela signifie donc que le four était connecté au réseau électrique de l'appareil.

L'agent de bord ne remet pas en place la paroi arrière et, une fois le vol terminé, il la met de côté pour le *catering service*². Sur une notice, il demande que cet élément du four soit nettoyé et remplacé. Apparemment, la paroi arrière du four n'a pas été emportée par le *catering service*.

Un autre agent de bord, qui était de service le soir du 20 janvier 2002 ainsi que sur le premier vol du 21 janvier 2002 de l'aéronef HB-IYH, n'utilise sur les deux vols que le four gauche. Le four droit était muni d'un rack.³ La paroi arrière se trouvait encore dans l'aéronef.

Après l'arrivée à Zurich, un collaborateur du *catering service* emporte la paroi arrière du four pour la faire nettoyer.

1.1.3 Déroulement du vol

L'aéronef SAAB , immatriculé HB-IYH, décolle le 21 janvier 2002 à 08 h 12 UTC de la piste 28 de l'aéroport de Zurich pour un vol de ligne CRX 3874 à destination de Luxembourg. L'agent de bord (*flight attendant* – F/A) 1 est assis sur le siège avant rabattable à proximité du cockpit (*jump seat*). L'agent de bord F/A 2 prend place sur le siège rabattable *jump seat* à l'arrière de l'aéronef (*galley*). Peu de temps après le décollage, l'agent de bord 2 met en service les deux fours afin de réchauffer les petits pains. L'agent de bord 1 arrive peu de temps après dans la

¹ Sans autre précision, les indications de direction telles que "gauche" et "droite" se réfèrent à la direction du vol.

² Par *catering service*, on entend ici le service de la compagnie aérienne qui fournit les repas à bord de l'appareil, qui nettoie et entretient la vaisselle ainsi que les bacs de nourriture.

³ *Rack* – une construction métallique en forme de cadre dans lequel on peut glisser des plaques de tôle sur lesquelles seront disposées les barquettes d'aliments.

cuisine de bord afin de préparer les rafraîchissements qui doivent être servis aux passagers. Peu de temps après, les deux agents de bord sentent une odeur inhabituelle dans le *galley*.

Par la suite, ils examinent ensemble le four gauche et constatent que tout est en ordre. Ensuite, ils mettent en service le four droit et l'agent de bord 1 ouvre la porte du four. A l'intérieur, des flammes sont visibles à l'arrière du rack. L'agent de bord 1 réferme immédiatement la porte du four, actionne le disjoncteur qui protège le four et informe l'équipage, via le système de radiocommunication de bord. A ce moment, soit sept minutes après le décollage, l'aéronef se trouve en vol ascensionnel à peu près au niveau de vol (*flight level* – FL) 170 et suit une trajectoire en direction du radiophare omnidirectionnel OUC (*VHF omnidirectional radio beacon* – VOR) Hochwald.

Le commandant fait rapidement le point de la situation avec l'agent de bord 1 et a confirmé ensuite qu'il convient d'agir selon la procédure d'urgence: tout d'abord il faut vérifier que le four ne se trouve plus sous tension après l'enclenchement du disjoncteur correspondant. Ensuite, il faut enfiler les gants en amiante prévus à cet effet et lutter contre l'incendie avec l'extincteur.

Puis, le commandant évalue la situation avec le co-pilote et ils décident d'un commun accord d'interrompre le vol, de déclarer une situation d'urgence et de retourner à Zurich. A 08 :20:00 UTC l'équipage informe la tour de contrôle de Zurich ACC⁴ *west sector radar*: „*And CRX 3874, äh...we have to return back to Zurich, ähm...maintaining flight level 18... due to oven fire*” – „*Und CRX 3874, äh... nous devons retourner à Zurich, ähm...nous maintenons le niveau de vol 18..., en raison d'un incendie dans le four*”. Quelques secondes plus tard, le vol CRX 3874 est invité à amorcer un virage à droite sur un cap de 020° et à descendre au niveau de vol 130. A 08:20:28 UTC, le contrôleur de la circulation aérienne demande si le vol CRX 3874 désire annoncer une situation d'urgence: "*Do you declare an emergency?*" L'équipage confirme cette intention à 08:20:31 UTC en déclarant „*affirm, CRX 3874*". A 08:21 UTC, l'appareil commence sa descente en amorçant peu de temps après un virage à droite. Pendant cette manœuvre, l'équipage reçoit à 08:21:08 UTC une instruction complémentaire "*CRX 3874, further right heading 080, vectors ILS approach runway 14*" – „*CRX 3874 continuer à droite en maintenant le cap 080, il s'en suit une guidage radar par le biais d'un signal en vue d'un atterrissage avec le système d'atterrissage aux instruments sur la piste 14*". Finalement, le HB-IYH achève son virage à droite en maintenant le cap 080.

Entre-temps, l'agent de bord 2 surveille le four droit tout en se munissant d'un appareil de protection respiratoire (*protective breathing equipment* – PBE). L'autre agent de bord apporte des gants en amiante ainsi qu'un extincteur. Ensuite, ils ouvrent ensemble la porte du four, aspergent de produit ignifuge l'intérieur du four en feu avant de refermer la porte. Peu de temps après, lorsque les deux agents de bord entrouvent à nouveau la porte du four, ils constatent que le feu est éteint et communiquent immédiatement cette information au commandant. Durant le reste du vol, l'agent de bord 1 s'occupe des passagers tandis que l'agent de bord 2 continue de surveiller le four droit.

Dans l'intervalle, l'équipage contacte la tour de contrôle *Zurich arrival west sector* (APW) et obtient, à 08:22:51 UTC l'autorisation de descendre au niveau de vol FL 80. Le contrôleur aérien demande si une trajectoire de 30 NM suffit jusqu'à l'atterrissage. Le vol CRX 3874 répond à 08:23:05 UTC: „*level 80, and we would ap-*

⁴ ACC - area control center: contrôle régional.

preciate 40 miles and for your information, fire in the oven is extinguished right now" – "niveau de vol 80, nous apprécierions le fait de pouvoir disposer de 40 miles et, pour votre information, le feu dans le four a pu être éteint." Le contrôleur aérien répond à cela: "CRX 3874, roger, expect vectoring for ILS approach runway 16, and I give you 40 miles and continuous distance checks." – CRX 3874, compris, attendez guidage radar avec instruction de trajectoire pour une approche avec l'aide du système d'atterrissage aux instruments sur la piste 16, je vous octroie 40 miles ainsi que les indications de distance.

A 08:24:06 UTC, le contrôleur aérien demande des informations sur la quantité de carburant restante et le nombre de personnes à bord de l'appareil : "CRX 3874, what is your remaining fuel on board and persons on board, please?" L'équipage répond qu'il y a 28 personnes à bord ainsi que 2140 kg de carburant.

A 08:25:23 UTC, le vol CRX 3874 est autorisé à entamer une descente à 5000 ft QNH. A ce moment-là, l'aéronef se trouve en phase de descente au niveau de vol FL 102.

La dernière indication de vol et l'autorisation d'atterrissage aux instruments sur la piste 16 ont lieu à 08:27:11 UTC: "CRX 3874 turn right heading 140, cleared ILS approach runway 16, leave five thousand feet on the ILS".

Peu de temps après, le contrôleur aérien veut savoir si, après l'atterrissage, une évacuation de l'appareil est prévue sur la piste: "CRX 3874 would you like to evacuate the aircraft on the runway?" L'équipage répond qu'il souhaite rejoindre son aire de stationnement et laisser ensuite les passagers sortir normalement de l'aéronef, le feu ayant entre-temps pu être éteint. Les passagers sont informés du fait qu'après l'atterrissage il est prévu de les faire quitter l'aéronef selon la procédure de débarquement rapide (*rapid disembarkation*⁵).

A 08:29:04 UTC, l'équipage annonce que l'appareil suit de manière stable le radiophare d'alignement et la pente de descente du système d'atterrissage aux instruments de la piste 16 : "right now fully established, CRX 3874, 16".

Après avoir passé à la tour de contrôle *aerodrome control* (ADC) *Zurich tower*, le vol CRX 3874 obtient à 08:31:06 UTC l'autorisation d'atterrir: „CRX 3874, the wind 190 degrees at 6 knots, cleared to land runway 16".

A 08:32 UTC, l'appareil HB-IYH atterrit sur la piste 16 et reçoit ensuite l'instruction de rejoindre l'aire de stationnement. Les sapeurs-pompiers accompagnent l'avion jusqu'à l'aire de stationnement où les passagers ont pu descendre de l'appareil selon la procédure de débarquement accéléré *rapid disembarkation*.

Les 24 passagers et les quatre membres de l'équipage n'ont pas été blessés.

⁵ Lors d'un débarquement rapide de l'aéronef au sol (*rapid disembarkation*), les passagers sortent à l'aide des escaliers habituels tout en laissant leurs bagages de cabine dans l'appareil afin que cela aille plus vite.

1.2 Dommages corporels

Blessures	Equipage	Passagers	Tiers
mortelles	---	---	---
graves	---	---	---
légères/indemnes	4	24	

1.3 Dommages à l'aéronef

Un four de l'aéronef a été légèrement endommagé.

1.4 Dommages à des tiers

Aucun

1.5 Personnes impliquées

1.5.1 Commandant

Données personnelles

Citoyen suisse, né en 1957

Licence

Licence de pilote de ligne sur des aéronefs à voilure fixe (*air transport pilot licence aeroplane – ATPL(A)*) conforme aux *joint aviation requirements* (JAR), délivrée la première fois par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) le 3 juillet 1998.

Qualifications

Autorisation type SAAB 2000 en tant que pilote responsable

Autorisation type MU2B

Qualification de classe pour avions multimoteurs à piston (*multi engine piston – MEP*)

Qualification de classe Beech 36 turbo-propulsé (*single engine turbine – SET*)

Qualification de classe pour avions monomoteurs à piston (*single engine piston – SEP*)

Radiotéléphonie internationale pour vol à vue et aux instruments RTI (VFR/IFR)

Vol de nuit NIT

Qualification de vol aux instruments

Aéronef conforme aux règles de vol aux instruments IFR(A)

Approche aux instruments de la catégorie III avec SAAB 2000, prolongée la dernière fois le 28.6.2001, valable jusqu'au 20.7.2002.

Dernier contrôle de compétence

28 juin 2001, *licence proficiency check*

	Certificat d'aptitude médicale	Classe 1, sans restriction
	Dernier examen médical	3 octobre 2001
	Expérience de vol	4804 h au total
	sur le même modèle que celui impliqué dans l'accident	2300 H
	au cours des 90 derniers jours	85 H
	sur le même modèle que celui impliqué dans l'accident	85 H
1.5.2	Copilote	
	Données personnelles	Citoyen suisse, né en 1966
	Licence	Licence de pilote professionnel sur des avions à voilure fixe (<i>air transport pilot licence aeroplane – CPL(A)</i>) conforme aux JAR, délivrée la première fois par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) le 3.12.1997.
	Qualifications:	Autorisation type SAAB 2000 en tant que pilote responsable Qualification de classe pour avions multimoteurs à piston (<i>multi engine piston – MEP</i>) Qualification de classe pour monomoteurs à piston (<i>single engine piston – SEP</i>) Radiotéléphonie internationale pour vol à vue et aux instruments RTI (VFR/IFR) Vol de nuit NIT
	Qualification de vol aux instruments	Aéronef conforme aux règles de vol aux instruments IFR(A) Approche aux instruments de la catégorie III avec SAAB 2000, prolongée la dernière fois le 4.8.2001, valable jusqu'au 27.10.2002.
	Dernier contrôle de compétence	4 août 2001, <i>licence proficiency check</i>
	Certificat d'aptitude médicale	Classe 1, sans restriction
	Dernier examen médical	2 mai 2001
	Expérience de vol	2513 h au total
	sur le même modèle que celui impliqué dans l'accident	2230 H
	au cours des 90 derniers jours	143 H
	sur le même modèle que celui impliqué dans l'accident	143 H

1.5.3	Agent de bord 1	
	Données personnelles	Citoyen du Costa Rica, né en 1974
	Dernier <i>route check</i>	29.9.2001
	Dernier <i>emergency check</i>	15 et 16.10.2001
1.5.4	Agent de bord 2	
	Données personnelles	Citoyen français, né en 1977
	Dernier <i>route check</i>	14.5.2001
	Dernier <i>emergency check</i>	3 et 4.3.2001
1.6	Indications relatives à l'aéronef	
1.6.1	Aéronef HB-IYH	
	Modèle	SAAB aéronef AB SAAB 2000
	Caractéristiques	Avion regional biturbopropulseur mono- plan à aile basse en porte-à-faux, entiè- rement métallique, muni d'un train ren- trant tricycle avec roulette de nez. La cabine de l'aéronef peut accueillir 50 pas- sagers, l'équipage était constitué de deux personnes, le personnel de cabine était également composé de deux personnes.
	Envergure	24.76 m
	Longueur	27.28 m
	Hauteur	7.73 m
	Masse maximale au décollage	22 999 kg
	Constructeur	SAAB Aircraft AB, Linköping, Suède
	Immatriculation	HB-IYH
	Numéro de série	063
	Année de construction	1999
	Propriétaire	Crossair SA, case postale, 4002 Bâle
	Exploitant	Crossair SA, Case postale, 4002 Bâle
	Certificat d'immatriculation	du 30.4.1999, délivré par l'OFAC, valable jusqu'à sa radiation dans le registre matri- cule suisse.
	Certificat de navigabilité	du 30.4.1999, délivré par l'OFAC, valable jusqu'à révocation

Champ d'utilisation	VFR de jour VFR de nuit IFR catégorie I IFR catégorie II IFR catégorie IIIa B-RNAV ⁶ (RNP 5 ⁷)
Réserve de carburant	Selon le plan de vol, la réserve de carburant au moment du décollage (<i>take off fuel</i>) était de 2400 kg, comprenant notamment un <i>trip fuel</i> de 870 kg. Les 1530 kg restants auraient permis le vol jusqu'à l'aérodrome de dégagement de Metz-Nancy-Lorraine ainsi qu'un <i>holding</i> de 56 minutes sans devoir utiliser la <i>final reserve</i> de 362 kg.
Masse et centrage	La masse de l'aéronef au moment du décollage à Zurich était de 19 469 kg. Pendant toute la durée du vol, la masse et le centre de gravité se trouvaient dans les limites autorisées.

1.6.2 Indications concernant le four de l'avion

1.6.2.1 Emplacement

La cuisine de bord à l'arrière de l'aéronef HB-IHY est équipée de deux fours dotés chacun d'un *rack*. Au milieu de la paroi arrière du four se trouvait un ventilateur. De chaque côté du ventilateur (à gauche et à droite) se trouvaient trois tubes chauffants disposés parallèlement les uns aux autres. Durant le vol CRX 3874, la paroi arrière du four droit n'était pas installée, de sorte que les tubes chauffants et la roue soufflante n'étaient pas couverts. Malgré la paroi arrière manquante, il était possible d'insérer le rack à l'intérieur du four et même de le pousser vers le fond, 20 mm de plus qu'en temps normal.

1.6.2.2 Température de service

En ce qui concerne les fours de type Sell 8054 installés dans l'aéronef HB-IHY, le manuel du fabricant indique une température de service comprise entre 110 °C et 230 °C. Sur la paroi arrière du rack inséré dans le four, la température était probablement plus élevée en raison de la proximité des éléments chauffants.

⁶ B-RNAV – *basic area navigation*: navigation de surface – méthode de navigation permettant le vol sur toute trajectoire voulue dans les limites de la couverture des aides à la navigation à référence sur station au sol; les systèmes de bord étant en mesure de livrer continuellement une position suffisamment précise.

⁷ RNP – *required navigation performance*: qualité de navigation requise. RNP 5 signifie que l'avion doit se trouver pendant au moins 95 pour cent du temps de vol dans les limites d'un rayon de 5 NM autour d'une position donnée.



Figure 1 – Cuisine de bord arrière après l'incident grave: vue en direction de la queue de l'avion. En ce qui concerne le four droit dans la direction du vol (au milieu de la photo), la paroi arrière fait défaut. La roue soufflante ainsi que les trois éléments chauffants situés à droite et à gauche sont visibles. Le four gauche - à droite sur la photo - est équipé de la paroi arrière et donc complet.

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Généralités

Toutes les informations météorologiques ont été fournies par MétéoSuisse.

1.7.2 Situation météorologique générale

„Un anticyclone se trouve au-dessus de la Méditerranée occidentale. Les Alpes se trouvent à l'extrême nord de cette zone anticyclonique. Une légère perturbation traverse la Suisse dans la nuit et tôt le matin.

1.7.3 Conditions météorologiques à l'aéroport de Zurich

1.7.3.1 Temps au moment de l'incident grave

Nébulosité	<i>1 – 2/8 avec une base à 2600 ft AGL 5 – 7/8 avec une base 3100 ft AGL</i>
Visibilité météorologique	<i>40 km</i>
Vent	<i>de 200° avec 8 kt</i>
Température de l'air	<i>5 °C</i>
Point de rosée	<i>2 °C</i>
Pression atmosphérique	<i>QNH 1023 hPa</i>
Dangers	<i>Aucun</i>

1.7.3.2 Prévisions d'aérodrome

Au moment de l'incident grave, la prévision d'aérodrome suivante était valable :
(*terminal aerodrome forecast – TAF*)

TAF LSZH 0716 25005KT 9999 SCT030 BKN050 PROB30 TEMPO 0709 -RA

Concrètement : le 21 janvier 2002, les conditions météorologiques suivantes étaient annoncées pour l'aéroport de Zurich entre 07:00 UTC et 16:00 UTC:

Vent	de 250° avec une vitesse de 5 kt
Visibilité météorologique	10 km ou plus
Nébulosité	3-4/8 à 3000 ft AAL 5-7/8 à 5000 ft AAL
Changement temporel	Entre 07:00 UTC et 09:00 UTC, il faut escompter une pluie faible avec une probabilité de 30%. Ce changement de temps ne devrait vraisemblablement pas durer plus d'une heure.

1.7.4 Données astronomiques

Azimut du soleil

Azimut *135°*

Altitude *10°*

1.8 Aides à la navigation

Les pistes 14 et 16 de l'aéroport de Zurich sont équipées d'un système d'atterrissage aux instruments de la catégorie CAT IIIIB.

1.9 Communication

Les communications radio entre l'équipage et les contrôleurs aériens des différentes tours de contrôle se sont déroulées normalement.

1.10 Indications concernant l'aéroport

1.10.1 Généralités

L'aéroport de Zurich est situé au nord-est de la Suisse. En 2002, le volume de trafic se montait à 282 000 décollages et atterrissages.

Au moment de l'incident, un programme de construction d'envergure était en cours, notamment le *dock midfield* situé dans le triangle des pistes.

Les pistes de l'aéroport présentent les dimensions suivantes:

Descriptif des pistes	Dimensions	Hauteur 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

Au moment de l'incident, 3700 m de piste étaient à disposition pour un atterrissage sur la piste 16.

L'altitude de référence de l'aéroport est de 1416 ft AMSL, la température de référence est de 24.0 °C.

1.10.2 Equipement des pistes

L'aéroport de Zurich est caractérisé par un système de trois pistes, dont deux (16 et 28) se croisent à son point de référence (*airport reference point*). Les lignes d'atterrissage de deux autres pistes (16 et 14) se croisent environ à 850 mètres au nord-ouest du seuil de la piste 14. Les pistes 16 et 14 sont équipées d'un système d'atterrissage aux instruments (ILS) de la catégorie CAT IIIIB et sont de ce fait particulièrement adaptées aux *precision approaches*. La piste 28 autorise sur la base du VOR/DME Klotten (KLO) les *non precision approaches*.

Au moment de l'incident grave, les secteurs d'approche des pistes 14 et 16 étaient équipés d'un *minimum safe altitude warning system* (MSAW). Ce système déclenche au niveau du contrôle de la circulation aérienne une alarme optique et acoustique lorsque les aéronefs n'atteignent pas les altitudes minimales requises.

Aucun MSAW n'était installé dans le secteur d'approche de la piste 28.

1.10.3 Services de sauvetage et de lutte contre les incendies

L'aéroport de Zurich est équipé avec les moyens de lutte contre l'incendie de la catégorie 9. Le service des sapeurs-pompiers de l'aéroport assurait un service d'intervention permanent durant les heures de vol.

1.11 Enregistreur de vol

L'aéronef était équipé de deux enregistreurs de vol numériques. L'incendie s'est déclaré dans la partie arrière de la cabine passagers, il n'a toutefois déclenché aucun signal de détection de fumée ni autre alarme dans le cockpit. Etant donné que l'incident du four n'a pas été enregistré par l'enregistreur de vol et que le déroulement du vol ne présentait pas de particularités en raison des données figurant sur le radar et les communications radio, on a renoncé à évaluer le système d'enregistrement des conversations et des bruits et (*cockpit voice recorder – CVR*) l'enregistreur numérique de données *digital flight data recorder* (DFDR).

1.12 Indications concernant le point d'impact, l'épave et le lieu de l'incident

Sans objet.

1.13 Résultats des expertises médicale et pathologique

Rien n'indique que les capacités physiques ou psychologiques de l'équipage étaient atteintes au moment de l'incident grave.

1.14 Incendie

Conformément aux instructions de l'Organisation de l'aviation civile internationale (*international civil aviation organisation – ICAO*), la section 1.14 décrit comment l'incendie se déclenche par exemple au moment d'un crash. Dans la cas présent, le feu s'est déclaré dans un four. L'incendie a néanmoins pu être éteint par le personnel de cabine avant le décollage.

1.15 Survie

En principe, un incendie à bord d'un aéronef présente un danger considérable. Etant donné que le foyer est resté isolé et que l'incendie a pu être éteint après un laps de temps court, la conduite de l'avion n'a pas été affectée. Rien n'indique que les passagers auraient été exposés à des gaz toxiques ou à de la fumée. Après l'atterrissage, l'aéronef a rejoint son aire de stationnement et les occupants ont pu le quitter rapidement (*rapid disembarkation*). Les sapeurs-pompiers de l'aéroport avaient été appelés et se tenaient prêts à intervenir.

1.16 Essais et résultats des recherches effectuées

1.16.1 Détermination des causes de l'incendie sur la base de traces

1.16.1.1 Généralités

A l'arrière du *rack*, qui pendant l'incendie se trouvait dans le four de droite, on a relevé des adhérences blanchâtres ressemblant à une matière plastique et qui semblaient avoir été endommagées thermiquement (cf. figure 2).

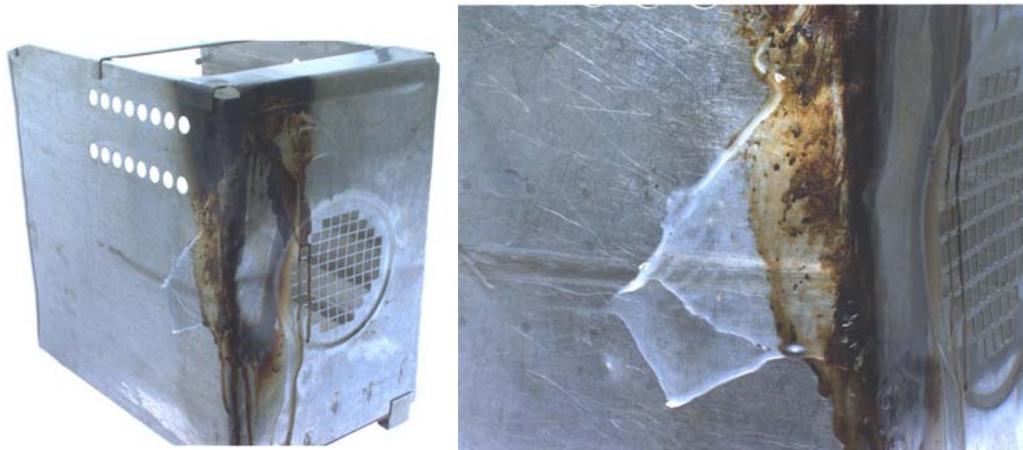


Figure 2 – Traces d'incendie sur le rack: L'arrière du rack ayant été endommagé (gauche). Adhérence ressemblant à une matière plastique thermiquement endommagée sur le rack (droite).

Après l'incident grave, le *catering service* de Crossair a conservé la paroi arrière du four droit, qui avait été retirée de l'avion (cf. figure 3, à gauche).



Figure 3 – Paroi arrière amovible du four droit: aperçu (à gauche). Vue détaillée: adhérence similaire à une matière plastique, déformation caractéristique (à droite).

Sur le devant de la paroi arrière, se trouvaient des adhérences semblables en matière plastique; celles-ci ont néanmoins été moins endommagées par la chaleur. Ces adhérences étaient en partie déformées, comme si la matière synthétique chauffée et donc ramolie avait été tirée vers l'avant, c'est-à-dire comme si elle avait été détachée de la paroi arrière de sorte qu'une fois refroidie et durcie, il restait des extrémités pointues (cf. figure 3, à droite). On a sorti d'un tiroir de la cuisine de l'aéronef des sachets en plastique avec un système de fermeture constitué d'une ficelle blanche et on les a mis de côté (cf. figure 4, droite). Des échantillons ont été prélevés sur les adhérences en matière plastique trouvées sur le *rack* et sur l'arrière du four ainsi que sur les sachets en plastique.

1.16.1.2 Microspectrométrie infrarouge

Les échantillons de matière plastique qui ont été prélevés ont été analysés au moyen de la spectroscopie infrarouge. Compte tenu de la dimension des échantillons, cette analyse a été effectuée avec l'aide d'un microscope infrarouge. Les échantillons sont installés sur un support laissant passer les rayons infrarouges et les spectres sont enregistrés en transmission avec la lumière infrarouge. L'échantillon est analysé pour voir quelle est la perméabilité des rayons infrarouges dans une région spectrale donnée. Il en résulte des spectres avec des modèles de bandes caractéristiques.

Les sachets en matière plastique prélevés dans la cuisine de bord sont en polyéthylène. Il n'a pas été possible de distinguer les particules de matière plastique sur le *rack* et sur la paroi arrière du four de ce matériau témoin. L'analyse a montré que ces particules contenaient également du polyéthylène, néanmoins la matière avait été modifiée thermiquement.

1.16.1.3 Microscopie électronique par balayage

Vu que des particules de ficelle sur la paroi arrière du *rack* étaient thermiquement endommagées, il n'était plus possible de procéder à une analyse spécifique du matériau. La ficelle servant à fermer le sachet en matière plastique et utilisée comme matériau témoin était composée de viscose.

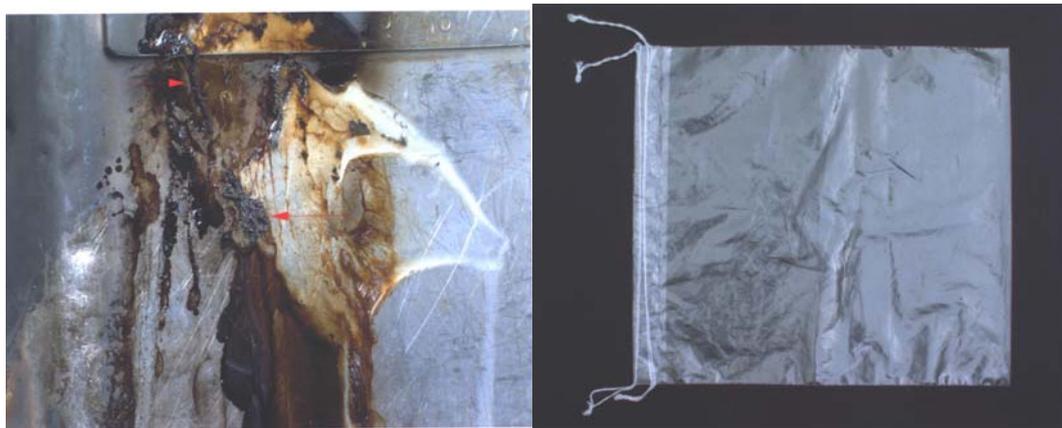


Figure 4 – Résidus de ficelle, sachet en polyéthylène: résidus de ficelle sur la paroi arrière du *rack*, indiquées par des flèches rouges (gauche). Sachet en polyéthylène trouvé dans la cuisine de bord de l'aéronef HB-IYH avec un système de fermeture constitué d'une ficelle blanche (droite).

Le microscope électronique par balayage a permis de comparer la structure superficielle des fibres brûlées prélevées sur la paroi arrière du *rack* avec le matériau témoin constitué de la ficelle blanche du sachet en matière plastique (cf. figure 4, droite). L'analyse a révélé que la structure superficielle des fibres témoins présentait une grande similitude avec celle des fibres endommagées thermiquement prélevées sur le *rack* (cf. figure 4, gauche).

1.16.1.4 Polyéthylène

Le polyéthylène est une résine commerciale classée dans la catégorie de la polyoléfine. Le ramollissement démarre entre 80 °C et 100 °C, la température maximale de service varie entre 70 °C et 110 °C. En ce qui concerne le polyéthylène, il s'agit d'une matière plastique facilement inflammable, la température d'inflammation étant d'environ 350 °C. En fonction de la température, cette matière plastique ramollit, fond et prend feu, au début avec une petite flamme bleue.

1.17 Informations concernant les différentes organisations et leur gestion

1.17.1 Compagnie aérienne Crossair

1.17.1.1 Généralités

La compagnie aérienne Crossair a été fondée en 1975, concentrant son activité au cours des premières années d'exploitation essentiellement sur le trafic aérien à la demande avec des aéronefs bimoteurs pour les vols d'affaire. En 1979, la compagnie a fait l'acquisition de modèles d'aéronefs SA 227 TC Metroliner II et a orienté ses activités sur le trafic régulier de lignes. Au cours des deux décennies suivantes, l'entreprise s'est développée pour devenir une compagnie régionale, laquelle employait environ 3500 collaborateurs et exploitait plus de 80 appareils de type SAAB 2000, Embraer 145, Avro 146 RJ 85/100 et Boeing MD 83. Au printemps 2002, Crossair a changé de raison sociale pour devenir Swiss International Airlines.

1.17.1.2 Procédure d'exploitation

1.17.1.2.1 Feu à bord

En ce qui concerne le présent incident grave, les procédures d'exploitation suivantes du manuel "Crossair cabin procedure" ont été déterminantes:

„4.2.1. General

Fire on board an aircraft is a very serious matter. It should be the goal of each crew member to do everything to prevent a fire on board. Therefore the careful operation of galley and lavatory equipment is vital. Remember that most of in-flight fire accidents were caused by the careless handling of matches, ovens, lavatories by either passengers or crew. For that, be always observant that you work safely and supervise what your passengers are doing.

(...)

4.2.3.3. Oven Fire

- Switch electrical power off, pull circuit breakers.*
- Open the oven door about 5 cm, keep well back, protect yourself with the oven door in case the fire blows out towards you, igniting clothes and hair.*
- Direct a small amount of extinguishing agent into the oven, reclose the door and wait for a couple of minutes, then recheck, cool from the outside with a wet cover and observe area.*
- Keep power off until the aircraft has landed safely at the destination and the unit has been checked by an aircraft mechanic."*

1.18 Indications supplémentaires

Aucune

1.19 Techniques d'analyse à disposition ou utilisées effectivement

Les méthodes d'analyse appliquées en vue de déterminer la cause de l'incendie sont mentionnées et décrites brièvement au chapitre 1.16.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

2.1.1 Renseignements sur l'aéronef

Durant le vol CRX 3874, l'aéronef HB-IYH ne présentait aucune limitation technique, qui aurait pu occasionner ou favoriser l'incident grave.

2.1.2 Cause de l'incendie

On a relevé des adhérences blanchâtres ressemblant à des résidus de matière plastique sur la paroi arrière du four droit qui avait été retirée de l'aéronef par le *catering service* de Crossair, ainsi que sur l'arrière du rack qui se trouvait dans le four droit. Des examens de nature analytique instrumentale ont montré que ces adhérences proviennent vraisemblablement d'un sachet en polyéthylène tel que ceux utilisés à bord de l'appareil HB-IYH.

Ces adhérences étaient en partie déformées, comme si la matière synthétique chauffée et donc ramolie avait été tirée vers l'avant, c'est-à-dire comme si elle avait été détachée de la paroi arrière de sorte qu'une fois refroidie et durcie il restait des extrémités pointues. Cette image ainsi que les déclarations des différents membres de l'équipage de cabine permettent de conclure que les salissures sur le four sont vraisemblablement apparues comme suit: le 19 janvier 2002, les deux fours ont été utilisés pour la dernière fois avant l'accident grave sans la moindre odeur ni fumée. Ce même jour ou le lendemain, un sachet en polyéthylène comme ceux utilisés à bord de l'aéronef HB-IYH a dû entrer en contact avec le rack encore chaud et est resté collé à la paroi arrière de ce dernier. Celui-ci a une nouvelle fois été inséré dans le four droit. C'est alors que ce dernier a peut-être encore une fois été mis en marche pour un court instant. Il est également possible que la paroi arrière du four était tellement chaude que le sachet en polyéthylène coincé entre le rack et la paroi arrière a fondu. Un membre de l'équipage de cabine a dû remarquer cela et sortir le rack encore avant que le four ne refroidisse complètement tout en retirant également le sachet en polyéthylène. Il n'a par contre pas dû remarquer que le rack était toujours couvert de traces de matière plastique fondue.

Pendant le vol CRX 3874, le four droit, qui contenait le rack et qui présentait encore des résidus de sachet en polyéthylène, a été mis en marche. Ainsi, les adhérences en matière plastique ont encore une fois été chauffées puis brûlées, processus qui a certainement été accéléré par le fait qu'il n'y avait plus de paroi arrière entre le rack et les éléments chauffants. Après qu'il ait senti une odeur inhabituelle, l'équipage de cabine a ouvert la porte du four, favorisant ainsi dans le foyer d'incendie une arrivée d'oxygène qui a dû provoquer un embrasement.

2.2 Aspects d'ordre humain et organisationnel

2.2.1 Déroulement au sol

La paroi arrière du four présentant des souillures avait été retirée le 20 janvier 2002 pour que le *catering service* procède à son nettoyage. Le four et le rack souillé sont néanmoins restés opérationnels, bien qu'un des éléments du four ait fait défaut. Le personnel de cabine ne savait apparemment pas que le four ne pouvait pas être mis en service dans cet état. Ce comportement et le fait que le collaborateur du *catering service* n'a pas veillé à remplacer immédiatement le four ou à en empêcher le fonctionnement montrent que les procédures appropriées n'ont pas été suffisamment explicitées ni mises en pratique.

2.2.2 Equipage de cabine

L'équipage de cabine aurait pu constater au moyen d'un contrôle minutieux avant la mise en service du four droit que celui-ci n'était pas en état de fonctionner. L'incendie aurait pu ainsi être évité. Les mesures prises par l'équipage de cabine, lorsque l'incendie s'est déclaré, correspondaient parfaitement aux règles de procédure de la compagnie aérienne. Elles se sont avérées efficaces et ont empêché que l'incendie ne se propage davantage.

2.2.3 Equipage

La communication entre le personnel de cabine et l'équipage a permis un soutien mutuel et semblait adéquat.

La décision de l'équipage, de déclarer une situation d'urgence une fois que l'incendie s'était déclaré et de prévoir un atterrissage à Zurich, était prudente et a été exécutée avec détermination.

Au cours de l'approche, l'équipage a décidé de laisser sortir les passagers après l'atterrissage selon la procédure de *rapid disembarkation* tout en renonçant à une évacuation. Les passagers ont été informés de cette décision avant l'atterrissage. Cette procédure était adaptée à la situation.

3 Conclusions

3.1 Résultats de l'enquête

3.1.1 Aspects techniques

- L'aéronef SAAB 2000, immatriculé HB-IYH, ne présentait pas de défaillance technique pouvant avoir une influence sur le déroulement de l'incident grave en question.
- La masse et le centre de gravité se trouvaient dans les limites prescrites.

3.1.2 Equipage

- L'équipage disposait des licences requises.
- Rien n'indique que les capacités physiques ou psychologiques de l'équipage étaient atteintes d'une manière ou d'une autre.

3.1.3 Situation avant les faits et déroulement du vol

- Le 20 janvier 2002, un agent de bord a constaté au moment de contrôler la cuisine de bord de l'aéronef HB-IYH que la paroi arrière amovible du four droit présentait des résidus de matière plastique fondus. Il a mis la paroi de côté pour le *catering service* en priant ce dernier de bien vouloir la nettoyer.
- Le four droit n'a pas été utilisé sur le vol du 20 janvier 2002, ni sur le premier vol du 21 janvier 2002.
- Le *catering service* a pris la paroi arrière pour la faire nettoyer juste avant le vol CRX 3874.
- Le four droit dont la paroi arrière avait été retirée n'a pas été signalé, ni mis hors service.
- Peu après le décollage du vol CRX 3874 le 21 janvier 2002, les deux fours ont été mis en service.
- Quelques minutes après la mise en marche des deux fours, une odeur étrange s'est répandue dans l'aéronef et un contrôle du four droit a permis d'établir qu'un incendie s'était déclaré à l'intérieur du four.
- Une fois l'incendie déclaré, le four a été éteint. Le disjoncteur (circuit breaker) correspondant a été enclenché, ce qui a permis de déconnecter le four du reste du réseau de bord.
- Le personnel de cabine a signalé l'incendie à l'équipage, lequel a décidé d'interrompre le vol et de retourner à Zurich.
- A 08:20:31 UTC, l'équipage du HB-IYH a annoncé une situation d'urgence à la demande du contrôle de la circulation aérienne et a ensuite été dirigé prioritairement pour un atterrissage.
- Le personnel de cabine a lutté contre l'incendie avec un extincteur, parvenant à l'éteindre après quelques instants.
- Le retour sur Zurich et l'atterrissage sur la piste 16 se sont déroulés sans problème.
- Après le vol, on a procédé au débarquement rapide (*rapid disembarkation*) des passagers de l'aéronef.

3.1.4 Conditions-cadres

- Les conditions météorologiques n'ont eu aucune influence sur la cause et le déroulement de l'incident grave.

3.2 Causes

L'incident grave a été provoqué par un incendie qui s'est déclaré durant le vol dans le four de l'aéronef à cause d'un élément du four qui avait été sali par une matière plastique facilement inflammable.

Les facteurs suivants ont probablement favorisé cet incident grave :

- Mise en service du four malgré des pièces manquantes.
- Manquements constatés au niveau du nettoyage et du remplacement de certains composants sensibles dans la cuisine de bord.

Berne, le 16 mars 2007

Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation

Ce rapport exprime les conclusions du BEAA sur les circonstances et les causes de cet incident grave.

Conformément à la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI, Annexe 13), l'enquête sur un accident d'aviation ou un incident grave a pour seul objectif la prévention de futurs accidents ou incidents. Elle ne vise nullement à la détermination des fautes ou des responsabilités. Selon l'art. 24 de la loi fédérale sur l'aviation, l'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave.

En conséquence, au cas où ce rapport est utilisé à d'autres fins que la prévention, il faudra tenir compte des réserves qui précèdent.