

Atterrissage dur, rebonds, rupture du train avant

Aéronef	Avion Saab 2000 immatriculé HB-IZG
Date et heure	28 janvier 2014 à 07 h 31 ⁽¹⁾
Exploitant	Darwin Airlines
Lieu	Aérodrome Paris Charles-de-Gaulle (95)
Nature du vol	Transport Public
Personnes à bord	Commandant de bord (PM) ⁽²⁾ , Officier pilote de ligne (PF) ⁽³⁾ , 1 PNC, 16 passagers
Conséquences et dommages	Avion fortement endommagé

⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

⁽²⁾PM : Pilot monitoring (Pilote non en fonction).

⁽³⁾PF : Pilot flying (Pilote en fonction).

1 - DÉROULEMENT DU VOL

À 07 h 05, de nuit, après une heure de vol, l'équipage débute la descente vers l'aérodrome Paris Charles-de-Gaulle. Le commandant de bord (CdB) invite l'officier pilote de ligne (OPL) à commencer le briefing approche. Ce briefing ne fait ressortir aucun élément particulier.

À 07 h 13, le contrôleur d'approche les informe qu'ils seront guidés pour l'approche ILS 27R. Neuf minutes plus tard, l'équipage est autorisé à l'approche ILS. La checklist approche est débutée une minute plus tard à la demande du PF.

Le PNF signale au PF que le taux de descente, qui atteint un maximum d'environ 1 750 ft/min, est trop élevé. Le PF réduit progressivement le taux de descente. À une altitude d'environ 6 400 ft et à 20 NM du seuil de la piste, le localizer est intercepté.

Le CdB conseille l'OPL sur la gestion d'une approche ILS et de la trajectoire verticale.

À 07 h 25, le plan de descente de l'ILS est intercepté. Le contrôleur tour autorise l'équipage à atterrir en piste 27R et lui transmet un vent du 200° pour 12 kt. Le CdB conseille de nouveau l'OPL en lui rappelant à quel moment il doit configurer l'avion pour l'atterrissage.

À 07 h 27, à une altitude de 3 400 ft, l'équipage commence à configurer l'avion. Le CdB demande à l'OPL de maintenir une vitesse de 160 kt correspondant à ce qu'attendent les contrôleurs comme vitesse d'approche minimale.

À une altitude de 2 300 ft (1 900 ft sol), la configuration choisie pour l'atterrissage (volet 20°) et la vitesse cible d'approche (123 kt)⁽⁴⁾ sont sélectionnées. Le PF appelle la « *final check* ». Le commandant confirme être autorisé à atterrir et précise que le vent vient de la gauche. À une hauteur de 1 000 ft, l'approche est stable et la piste est en vue. À une hauteur d'environ 400 ft, le PF déconnecte le pilote automatique et à 200 ft, la hauteur de décision, l'équipage décide de poursuivre l'approche.

⁽⁴⁾La vitesse d'approche choisie par l'équipage correspond à la Vref de l'avion pour la configuration choisie et la masse de l'avion à l'atterrissage sans majoration.

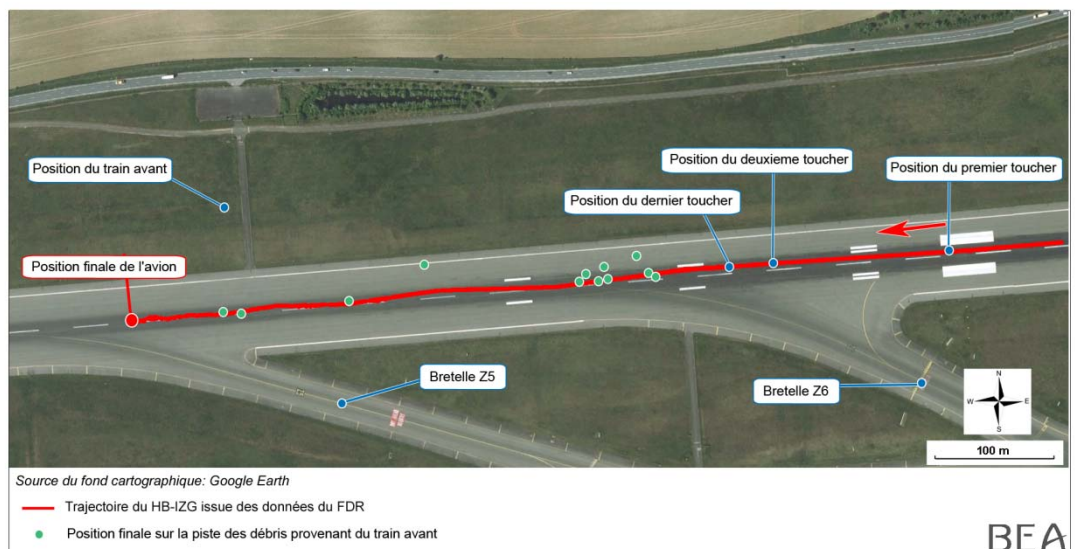
Passant les 50 ft en descente, le PF ramène progressivement les manettes de puissance vers la position « *flight idle* », décroche et arrondit ; l'assiette augmente de 0° à 3°. Peu avant le toucher des roues du train principal, le débattement du manche est enregistré à sa valeur maximale à cabrer (11°) et l'assiette atteint alors une valeur de 5°. Les roues du train principal touchent durement le sol, l'avion est alors à une vitesse indiquée d'environ 120 kt. Le système automatique de rentrée des volets (AFR) modifie le braquage des volets (de 20° à 15°). L'avion rebondit à deux reprises. Lors de ces rebonds, l'équipage alterne entre des actions à piquer et à cabrer.

L'analyse des paramètres enregistrés ne permet pas de déterminer précisément quel membre d'équipage a agi sur les commandes. Toutefois, les entretiens avec l'équipage permettront d'établir le déroulé probable suivant :

- « *le commandant corrige l'arrondi de l'OPL par une soudaine et importante action à cabrer. Après le premier rebond, l'OPL qui a toujours les mains sur les commandes, probablement surpris par cette action au manche, contre l'effort du commandant. Celui-ci n'appliquant plus d'action, le manche s'est retrouvé proche de la butée à piquer. Cette action génère une nouvelle action du CdB en butée à cabrer. Au second rebond, l'OPL réagit à l'action en butée à cabrer et le manche se retrouve en butée à piquer. Le CdB a augmenté la puissance qui est immédiatement réduite par l'OPL.* »

Le train avant de l'avion heurte le sol avec une vitesse verticale importante et se rompt lors du dernier toucher. L'avion s'immobilise sur la piste.

Le PF signale au contrôleur « *an emergency on ground* », en retour ce dernier lui demande de poursuivre le roulage. Bien que le PF réponde qu'il ne peut pas continuer, le contrôleur réitère sa demande. Le PNF annonce alors une situation de détresse en utilisant la phraséologie adéquate (« *Mayday* »). Le contrôleur déclenche l'état d'accident, une minute après le premier message de l'OPL sur la situation d'urgence.



Trajectographie de l'avion et cartographie des éléments relevés sur la piste

⁽⁵⁾Vitesse verticale maximale utilisée pour la détermination des charges ultimes est de 10 ft/s.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

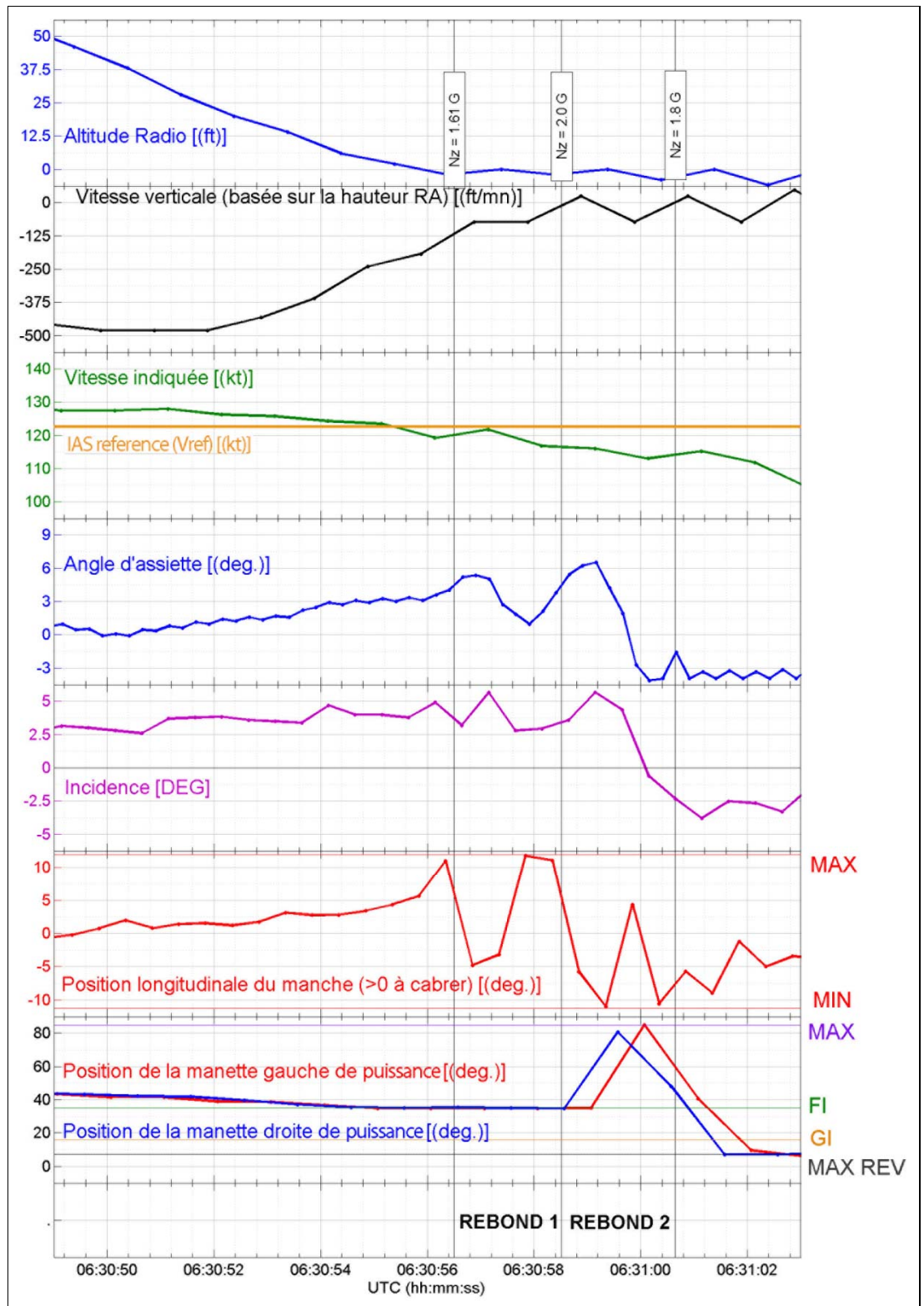
2.1 Examen de l'avion

L'examen de l'avion montre que tous les dommages observés sont consécutifs au contact brutal du train avant avec la piste. Ce dernier a rompu par surcharge. Les examens réalisés sur les éléments du train avant ont montré qu'il a subi une charge supérieure aux charges ultimes définies par les critères de certification⁽⁵⁾.

2.2 Enregistreurs de bord

L'analyse des données de vol réalisée par le constructeur à partir du modèle avion montre que l'avion a touché à trois reprises le sol en l'espace de cinq secondes :

- 1^{er} toucher : seuls les deux trains principaux sont en contacts avec le sol ;
- 2^{ème} toucher : seuls les deux trains principaux sont en contacts avec le sol ;
- 3^{ème} toucher : seul le train avant est en contact avec le sol. La rupture intervient lors de cet ultime toucher. La vitesse verticale du train avant est estimée à 11,5 ft/s.



Paramètres de vol de l'accident lors de l'atterrissage

2.3 Renseignements sur le personnel

2.3.1 Commandant de bord

Le CdB a été embauché le 2 avril 2013. Auparavant, il était employé de la compagnie allemande OLT qui exploitait des Saab 2000. Elle a fait faillite au début de l'année 2013. Il n'a pas été possible de disposer des informations relatives au dossier professionnel du CdB avant son entrée dans la compagnie Darwin Airlines. La réglementation ne prévoit pas de préserver ces données en cas de faillite de l'exploitant.

Le CdB a suivi le stage d'adaptation de l'exploitant entre le 2 avril et le 4 mai 2013. Lors des vols d'adaptation en ligne, il lui a été demandé de faire attention à son arrondi lors de l'atterrissage de nuit. Le leadership du CdB, ses compétences techniques et ses compétences CRM ont été mises en avant.

Il détenait une licence de pilote de ligne délivrée en avril 2002. Il totalisait 6 640 heures de vol dont 2 260 sur type et 1 720 en tant que CdB sur Saab 2000. Il a effectué environ 50 atterrissages à Paris Charles-de-Gaulle dont quatre de nuit.

2.3.2 Officier pilote de ligne

L'OPL a été embauché le 20 octobre 2013. Il a suivi une formation de type Saab 2000 dispensée par Braathens Training à Bromma en Suède du 12 août au 29 août 2013. Il a également effectué huit séances de simulateur de 4 heures entre le 28 septembre 2013 et le 8 octobre 2013 avec des instructeurs de Braathens. Aucune remarque ne mentionne de problème à l'atterrissage lors des séances de simulateurs. L'examen pratique pour démontrer les compétences sur l'avion (« *skill test* ») a été effectué le 10 octobre 2013 par Darwin Airlines. Le stage d'adaptation de l'exploitant a débuté le 28 octobre et s'est terminé le 3 janvier 2014 par un contrôle en ligne.

Les vols d'adaptation en ligne ont commencé le 14 novembre 2013 et fini le 31 décembre 2013. L'adaptation en ligne a été effectuée en 49 secteurs (vols) avec quatre instructeurs différents.

Il détenait une licence de pilote professionnel délivrée le 15 décembre 2009. Il totalisait 630 heures de vol dont 80 sur type. Il effectuait son premier atterrissage sur Paris Charles-de-Gaulle lors du vol de l'accident. Le pilote était considéré comme « *inexpérimenté* »⁽⁶⁾ par la compagnie aérienne.

2.4 Renseignements sur l'exploitant

Aucune technique d'atterrissage n'est décrite dans la documentation de l'exploitant. Le constructeur préconise la technique suivante :

- « *A normal final approach should follow a 2.5-3 degrees glide path angle. With an aiming point approx. 1000 ft down the runway this will provide adequate height over threshold. Flare should be initiated when the main gear is a few feet above the runway; it is accomplished by raising the nose 5-6 degrees from approach attitude, i.e. for all normal cases the flare touchdown attitude should be 4-5 degrees nose up. When initiating the flare, gently reduce power to FI (Flight Idle)* ».

Cette technique devait être abordée lors du maintien de compétences des pilotes en 2013. L'équipage de conduite du vol de l'événement n'avait pas suivi ces formations.

⁽⁶⁾Le manuel d'exploitation précise que : "A Flight Crewmember is defined inexperienced on type when the level of experience is less than the following:
- 100 flying hours and 10 sectors within a consolidation period of 120 consecutive days; or
- 150 flying hours and 20 sectors (no time limits)."

La compagnie n'a pas défini de procédure en cas de rebonds. En revanche le constructeur préconise :

- « *If the aircraft should bounce, hold or re-establish a normal landing attitude and add power as necessary to control the rate of descent. Power need not be added for a shallow bounce or skip. If a high, hard bounce occurs, initiate a go-around. Apply required power and use normal go-around procedures. A second touchdown may occur during the go-around. ...* »

Le manuel d'exploitation (Manex) précise que le CdB choisit le PF. Il ne dispose pas de critère spécifique dans le cas où l'OPL est considéré inexpérimenté.

2.5 Témoignages de l'équipage

La rotation de l'équipage a débuté la veille de l'accident par un aller-retour entre Leipzig et Paris Charles-de-Gaulle, suivi d'un autre entre Leipzig et Amsterdam. Le OPL était PF sur le deuxième aller-retour. Les étapes prévues le jour de l'accident étaient identiques à celles de la veille. L'accident est survenu lors du premier vol de la journée.

2.5.1 Témoignage du commandant de bord

Le CdB a incité l'OPL à effectuer le briefing approche car il considérait qu'il aurait dû être réalisé plus tôt. En dehors d'une composante de vent de travers, le commandant précise que l'approche ne comportait pas de particularité.

Il a perçu l'approche comme normale et stable. A partir de la hauteur de décision, il a ressenti plus de turbulences, que l'OPL contenait « *difficilement* » par de nombreuses et petites corrections sur les commandes. Il pense que les corrections de l'OPL ont pu augmenter l'impression turbulente de la trajectoire. Il a détecté que l'avion est passé légèrement au-dessus du plan de descente de l'ILS. Il ne l'a pas annoncé à l'OPL car il s'est aperçu que la trajectoire était sur le plan du PAPI et que l'OPL regardait à l'extérieur.

En courte finale, le rythme des annonces faites par la voix synthétique du radioaltimètre lui a semblé normal. Le CdB précise qu'il a gardé sa main droite, proche des manettes de puissance et sa main gauche prête à agir sur le manche. À environ 20 ft, lors de l'arrondi, l'OPL avait réduit la puissance au ralenti vol et regardait dehors. Le commandant ne suivait plus l'évolution de la vitesse. Il a eu l'impression que le taux de descente augmentait. Il a alors tiré sur le manche par réflexe. Il a voulu reprendre les commandes mais ils agissaient tous les deux dessus. Il précise qu'il n'a pas annoncé « *I have control* » lorsqu'il a agi sur le manche. Il considère que l'avion a touché durement la piste, sur les trains principaux, sans que cela soit inusuel. L'avion a ensuite rebondi ce qui l'a conduit à vouloir ajouter de la puissance. Il pense que son action est restée sans effet car l'OPL tenait fermement les manettes de puissance sur la position ralenti vol. L'avion a de nouveau touché la piste. Il indique qu'il a appliqué uniquement des ordres à cabrer lors de son action sur le manche jusqu'au dernier toucher.

Le commandant explique que, lorsqu'il est PNF et qu'il estime qu'une correction de la trajectoire est nécessaire, il préfère aider l'OPL en agissant directement sur les commandes plutôt que de les lui reprendre formellement. Il est conscient que cette méthode comporte un risque de double pilotage.

Il ajoute qu'il a déjà vécu des rebonds lors de l'atterrissage sur Saab 2000 peu après son entrée dans la compagnie. Il ajoute qu'il est possible de corriger la trajectoire de l'avion soit en ajoutant de la puissance et en effectuant simultanément une action à cabrer sur le manche, soit en interrompant l'atterrissage.

Il considère que les atterrissages de nuit ne revêtent aucune particularité.

Lors des atterrissages effectués la veille par l'OPL, il a estimé que les compétences de l'OPL étaient bonnes. Néanmoins il précise qu'il lui avait demandé de faire attention à la tenue de l'axe lors de l'atterrissage par vent de travers.

2.5.2 Témoignage de l'officier pilote de ligne

L'OPL explique qu'avant le vol, il a fait part au CdB de sa faible expérience sur le type avion et sur l'aérodrome de Paris Charles-de-Gaulle. Il ajoute qu'il acceptait en conséquence que le CdB garde les mains sur les commandes de vol lors de l'atterrissage. Enfin, il précise que le vol s'est déroulé normalement et que l'approche était stabilisée, avec une composante de vent de travers venant de la gauche.

L'OPL indique qu'à environ 500 ft, il a déconnecté le pilote automatique puis, à environ 200 ft, il s'est aidé du PAPI pour poursuivre la descente. Il ajoute que, soumis à du vent de travers, la finale était turbulente et que cela rendait les actions correctrices difficiles et consommatrices en ressources. Il précise qu'il concentrait son attention sur la tenue de la vitesse et de l'axe de la piste.

Lors de l'arrondi, à environ 30 ft, l'OPL indique que le rythme des annonces de la voix synthétique de la radio sonde lui a paru normal. En revanche, il a eu l'impression que l'atterrissage était dur. L'avion a touché la piste une première fois, puis le CdB a tiré par une action réflexe sur le manche. L'OPL précise que cela s'est fait de façon concomitante à son action de pilotage. Il lui semble que lors du second rebond, le CdB a repris les commandes en annonçant « *my control* ».

L'OPL indique que la position recommandée du siège par le constructeur convient bien pour la vision extérieure mais est moins agréable pour la lecture des instruments et la surveillance des paramètres. Ainsi il a l'habitude de régler son siège plus bas que la position recommandée.

Concernant les atterrissages de nuit, il a l'impression que « *tout se déroule plus vite* ». Il a déjà vécu un rebond à l'atterrissage lors de sa première rotation. Il indique qu'il n'a pas connaissance de consignes particulières en cas de rebond à l'atterrissage.

2.6 Atterrissages durs

La compagnie avait mis en place un système d'analyse des vols et avait équipé ses aéronefs d'enregistreurs de maintenance. Ce dispositif n'était pas requis par la réglementation. Les paramètres enregistrés ne permettaient pas de détecter efficacement les atterrissages durs. La détection de tels atterrissages repose sur la perception des pilotes et par conséquent sur leurs retours d'information. L'exploitant indique qu'il avait peu de comptes-rendus d'atterrissages durs avant l'accident. Toute mention d'un atterrissage dur sur le compte-rendu matériel doit donner lieu à une visite de l'avion par les équipes de maintenance. Or, la compagnie ne dispose pas de ces ressources sur l'ensemble des aérodromes desservis. Le compte-rendu d'un atterrissage dur peut donc suspendre les vols de l'avion concerné.

Le constructeur ne fournit pas de critères spécifiques pour déterminer si un atterrissage peut être qualifié de « dur ». D'après l'expérience du constructeur, les atterrissages effectués sur Saab 2000 sont régulièrement perçus comme fermes par les équipages en raison des caractéristiques de l'avion (amortissement faible dû à une garde au sol faible).

Les pilotes de Darwin Airlines rapportent exécuter régulièrement des atterrissages « fermes » et précisent qu'il n'est pas aisé de détecter lorsqu'un atterrissage est dur.

2.7 Informations météorologiques

Les conditions météorologiques étaient les suivantes :

- vent du 200° pour 15 kt ;
- visibilité supérieure à 10 km ;
- FEW à 1000 ft.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Désignation d'un PF considéré comme inexpérimenté

L'exploitant a défini la notion de pilote inexpérimenté ; cela désigne un pilote qui a terminé l'adaptation en ligne mais possède une faible expérience. Le CdB doit désigner le PF lors de chaque vol en prenant en compte l'expérience de l'OPL. À la date de l'accident l'exploitant n'avait pas défini de critères objectifs pour aider le commandant dans cette tâche. Sa décision reposait alors sur la connaissance de l'expérience de l'OPL et de son ressenti pour le désigner PF.

Le CdB du vol de l'accident a évalué les compétences de ce pilote lors des deux étapes effectuées la veille de l'accident. Il a estimé qu'elles étaient adéquates pour être PF lors du vol de l'accident. Cependant le commandant est resté vigilant et a gardé ses mains à proximité des commandes pour pouvoir intervenir rapidement en cas d'erreur de l'OPL. Par ailleurs il a dispensé de nombreux conseils lors de l'approche.

Après l'accident, l'exploitant a décidé de définir les critères suivants à appliquer pour qu'un OPL ayant moins de 300 heures de vol puisse être PF :

Condition	F/O < 300 FH On type
Visibility (min)	1500m
Crosswind (max)	10kts
Night Landing	No
Contaminated	No
Cat B Airport	No
Cat C Airport	No

L'OPL n'aurait pas pu effectuer l'atterrissage le jour de l'accident avec les critères fixés ci-dessus.

3.2 Gestion de l'approche et de l'arrondi

Le CdB semble être allé au-delà de ses prérogatives en dispensant de nombreux conseils sur la conduite de l'approche. Il a quitté son rôle de PNF pour ce qu'il estimait être celui d'un instructeur. Cette situation a pu perturber le travail en équipage en instaurant un gradient d'autorité inadapté.

La nuit modifie la perception des repères extérieurs habituels des pilotes et peut affecter la capacité à estimer la hauteur pour exécuter l'arrondi.

Lors de l'arrondi, le CdB a eu la sensation que l'avion s'est enfoncé prématurément et a instinctivement tiré sur le manche⁽⁷⁾. Cette action a amené le manche en butée à cabrer peu avant le toucher des roues. La réaction instinctive du commandant n'a pas été accompagnée d'une annonce de reprise des commandes. L'avion était alors piloté par les deux membres de l'équipage de conduite.

À la date du vol de l'accident, la compagnie aérienne n'avait pas défini de technique d'atterrissage dans son Manex. À la suite de l'accident, l'exploitant a décidé d'introduire celle du constructeur dans sa documentation.

3.3 Le double pilotage et la gestion du rebond

Les deux membres d'équipage de conduite ont probablement eu deux analyses différentes de la situation. Cela a engendré un double pilotage sans annonce durant l'atterrissage et les deux rebonds.

La méthode appliquée par le CdB pour corriger la trajectoire n'est pas de reprendre les commandes mais d'agir « *en transparence* ». Dans une phase dynamique comme un rebond, cette méthode peut s'avérer contre-productive. Il reste néanmoins difficile de reprendre les commandes formellement dans une phase de vol qui ne dure que quelques secondes.

⁽⁷⁾Les données de vol enregistrées ne permettent pas de déterminer qui agissait sur les commandes.

La compagnie ne disposait pas de moyens pour détecter les atterrissages durs et les rebonds. Elle ne profitait pas d'un retour suffisant des équipages sur ces événements. Cette absence de compte-rendu d'équipage pourrait notamment s'expliquer par :

- la difficulté à détecter un atterrissage dur sur Saab 2000 ;
- une réticence à bloquer l'avion en déclarant l'évènement ;
- une culture du compte-rendu d'évènement balbutiante au sein de la compagnie.

3.4 Expérience du commandant de bord

L'enquête n'a pas permis de déterminer l'expérience professionnelle détaillée des membres de l'équipage de conduite. La compagnie aérienne ne disposait pas d'informations sur les compétences du CdB autre que celles fournies par lui-même. La précédente compagnie du CdB ayant fait faillite, il n'a pas été possible de récupérer les précédents contrôles et évaluations du commandant.

Ces informations sont importantes pour une compagnie aérienne pour qu'elle puisse connaître le niveau professionnel de l'ensemble de ses pilotes.

La FAA a encadré la vérification des antécédents professionnels d'un pilote à travers le « *Pilot Records Improvement Act of 1996 (PRIA)*⁽⁸⁾ » pour faire suite à certains dysfonctionnements détectés lors d'enquêtes de sécurité. L'Europe ne dispose pas de procédures similaires.

⁽⁸⁾http://www.faa.gov/pilots/lic_cert/pria/

3.5 Conclusion

Lors de l'arrondi, le CdB a estimé que l'atterrissage allait être dur. Dans l'urgence, il a agi rapidement à cabrer sur le manche sans annoncer ses intentions à l'OPL.

Cette absence de coordination au sein de l'équipage a engendré un double pilotage et des actions successives et opposées sur les commandes de vol lors de la gestion des rebonds.