

**Approche non stabilisée, atterrissage dur**

<sup>(1)</sup>Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC).

<b>Aéronef</b>	Embraer ERJ 145 MP immatriculé F-GUBF
<b>Date et heure</b>	Lundi 24 mai 2010 à 13 h 07 <sup>(1)</sup>
<b>Exploitant</b>	Regional CAE
<b>Lieu</b>	Aérodrome de Ljubljana (Slovénie), piste 31
<b>Nature du vol</b>	Transport public régulier de passagers
<b>Equipage (de conduite)</b>	Commandant de bord, copilote
<b>Conséquences</b>	Trains d'atterrissage et pièces attenantes à la structure endommagés

**DÉROULEMENT DU VOL**

Note : dans toute cette section et sauf indication contraire, les hauteurs représentent la hauteur par rapport au seuil de la piste en service. Les valeurs d'altitude sont celles du paramètre enregistré.

L'équipage de l'Embraer ERJ 145 décolle de Paris Charles de Gaulle à destination de Ljubljana avec deux membres d'équipage de conduite, un membre d'équipage de cabine et 49 passagers. Le vol se déroule sans événement remarquable jusqu'à la descente. L'équipage est en guidage radar pour une approche ILS pour la piste 31 en service.

En descente vers l'altitude de 7 000 ft, au cap 110, le copilote, PF, accepte la proposition du commandant de bord, PNF, de poursuivre à vue l'approche. Le contrôleur d'approche accepte la demande de l'équipage et l'autorise à poursuivre en approche à vue avec une clairance limite à 4 000 ft. La piste est sur la gauche de l'avion et les conditions météorologiques permettent l'approche à vue, avec de la turbulence jugée modérée par l'équipage.

Le PF vire en étape de base. L'avion est alors à une altitude de 6 500 ft et à environ 4,5 NM du seuil de piste 31. La limitation de clairance est levée alors que l'avion passe 5 500 ft en descente. Le PF, n'ayant pas la piste en vue depuis la place droite, vire en finale sur les indications du commandant de bord. L'avion est établi en finale à une distance du seuil de piste d'environ 2,8 NM et à une altitude de 2 900 ft, soit une hauteur de 1 709 ft. Après le déclenchement d'une alarme EGPWS de type SINKRATE, le copilote annonce qu'il a du mal à tenir l'avion. Les commandes sont alors transférées au commandant de bord qui poursuit l'approche. Entre 1 et 1,5 NM du seuil de piste, le commandant de bord met l'avion en palier à une hauteur d'environ 800 ft pour réduire la vitesse de l'avion et sortir les volets en position 45 degrés. A 0,9 NM du seuil et toujours à une hauteur de 800 ft, le commandant de bord remet l'avion en descente. Une alarme EGPWS de type SINKRATE se déclenche pendant 6 secondes, suivie d'une alarme de type PULL-UP pendant 11 secondes. L'avion est alors à une hauteur de 100 ft et le commandant débute l'arrondi :

- son action à cabrer provoque une forte et rapide variation d'assiette longitudinale ;
- à une hauteur de 10 ft, les manettes de puissance sont avancées à mi-course et ramenées immédiatement en position ralenti.

<sup>(2)</sup>Nz, facteur de charge normal au plan horizontal de l'avion.

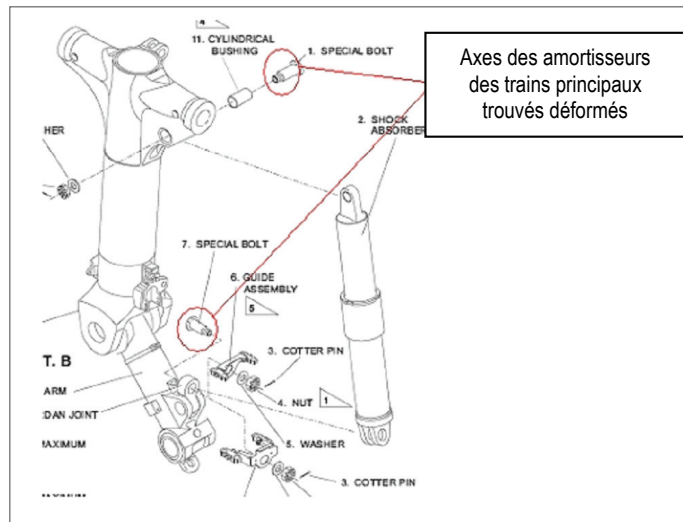
Ces deux actions destinées à réduire la pente de la trajectoire n'ont pu empêcher l'atterrissage dur.

Le contact avec le sol s'effectue avec un facteur de charge<sup>(2)</sup> supérieur à 4 g et avec une vitesse verticale calculée de - 1 300 ft/min. L'avion rebondit et le facteur de charge lors du second contact avec la piste est de 2,26 g. Le commandant de bord contrôle la trajectoire de l'avion sur la piste et rejoint l'aire de stationnement.

## RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

### Domages à l'avion

Les axes des amortisseurs des trains principaux gauche et droit ont été retrouvés déformés. Les trains principaux ont été changés.



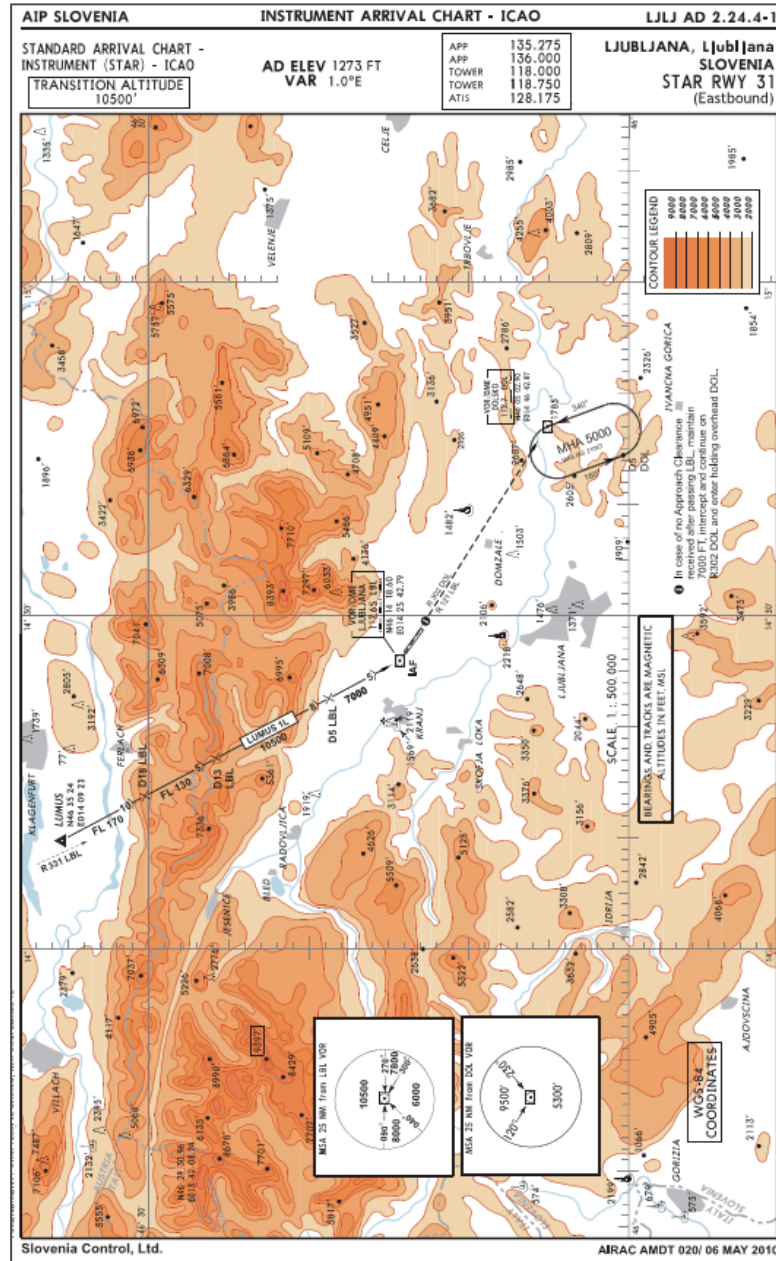
Déformations des axes des amortisseurs du train d'atterrissage principal

La plaque de renfort du carénage entre le fuselage et l'aile est tordue et certains de ses rivets sont cassés.

### Informations météorologiques

Conditions météorologiques observées sur l'aérodrome de Ljubljana : vent de nord ouest pour 8 kt, visibilité supérieure à 10 km, Stratocumulus morcelés au FL60, QNH 1013.

## Renseignements sur l'aérodrome



L'aérodrome de Ljubljana se situe au pied des alpes juliennes, à l'entrée d'une vallée orientée nord-ouest / sud-est. Cette vallée fermée au nord et à l'ouest par une chaîne de montagnes dont les sommets culminent à près de 7 000 ft, est ouverte au sud-est sur la plaine et la ville de Ljubljana.

En raison de l'environnement topographique de l'aérodrome de Ljubljana, le manuel d'exploitation de Regional indique que tout membre d'équipage de conduite doit attester avoir pris connaissance des consignes de ligne décrites dans la partie C du manuel. En particulier, ces consignes attirent l'attention des équipages sur les vents dominants en altitude de secteur ouest et sur la proximité immédiate des reliefs pouvant entraîner des turbulences pendant les phases d'approche lorsque le vent a une composante nord.

La descente finale de l'approche ILS en piste 31 s'effectue avec un plan de descente de 3 degrés et débute à 4 000 ft, au passage du FAP (BASTA) qui se trouve à 8,9 NM du DME de l'ILS. La piste 31 est équipée d'un PAPI.

### Procédures de l'exploitant

#### Approches à vue

Le briefing arrivée doit prendre en compte les particularités de l'approche, en particulier s'il y a une modification du projet d'action commun initialement adopté lors de la préparation de l'arrivée. Une approche à vue demande à l'équipage de construire une trajectoire, à la différence des approches aux instruments déjà construites sur une trajectoire publiée. Un briefing spécifique est alors nécessaire.

Le manuel d'exploitation de Regional indique que le briefing pour une approche à vue doit être « court et concis ». Il doit aborder les éléments suivants :

- piste ;
- trajectoire adaptée à l'environnement ;
- plancher de stabilisation ;
- trajectoire en cas de perte des références visuelles ;
- trajectoire en cas de remise de gaz à vue si différente de celle décrite au briefing arrivée.

Lorsqu'il a été autorisé à l'approche à vue, l'équipage n'a pas effectué de briefing spécifique et n'a pas mis à jour son briefing arrivée initial. Il n'a pas exploité les moyens à sa disposition (radionavigation, cartes d'approche par exemple) pour l'aider à préciser et valider ce changement d'approche, dans un environnement montagneux qui peut altérer l'appréciation de la trajectoire de l'approche à vue. L'équipage s'est ainsi retrouvé en approche finale sur un plan fort en raison d'une appréciation de la situation imprécise avant de virer en étape de base.

#### Stabilisation en approche

Le manuel d'exploitation de Regional rappelle les définitions réglementaires, la politique compagnie et les consignes compagnie relatives aux critères de stabilisation en approche.

##### Critères de stabilisation

L'avion est stabilisé en finale lorsque les conditions suivantes sont satisfaites :

- finale menée sur le plan prévu (standard de 3 degrés ou le plan défini sur la fiche de procédure du QFU concerné) ;
- avion dans l'axe ou sur la trajectoire publiée ;
- la vitesse est égale à la Vapp calculée ;
- le train est sorti et les volets sont dans une configuration d'atterrissage certifiée (45 ou 22 degrés) ;
- poussée d'approche affichée ;
- checklist avant atterrissage effectuée.

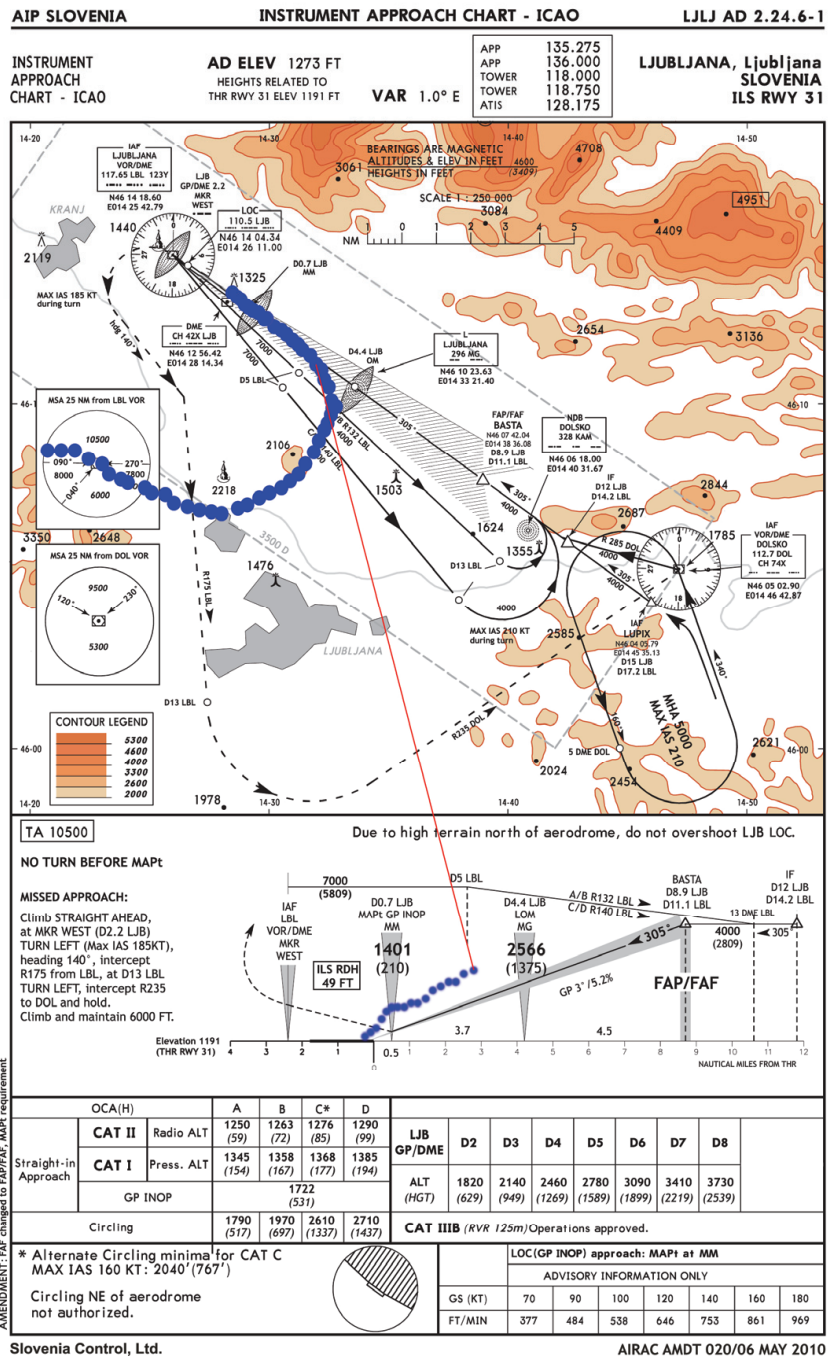
Si ces critères de stabilisation ne sont pas remplis au plancher de stabilisation ou si après ce palier de stabilisation une échappée est détectée, une remise de gaz ou un atterrissage interrompu doivent être entrepris.

Extrait du manuel d'exploitation de Regional

(3) La MDA pour la piste 31 à Ljubljana est de 2 610 ft, soit une hauteur de 1 337 ft.

Le manuel d'exploitation précise que les approches à vue doivent être stabilisées « au plus tard à la MDA<sup>(3)</sup> de la manœuvre à vue une fois aligné dans l'axe de piste d'atterrissage en cas d'approche à vue non dans l'axe (raccordement sur un tour de piste) ou de procédure MVL ou MVI ».

L'approche réalisée par l'équipage n'a été stabilisée à aucun moment. A une hauteur de 1 337 ft, le plan de descente suivi était de 4°, la configuration était volets 22° avec le train sorti et la vitesse conventionnelle de 170 kt pour une Vapp calculée dans cette configuration de 134 kt. A partir d'une hauteur de 800 ft, le commandant de bord effectue un palier pour passer en volets 45°.





En cas d'approche non stabilisée, la décision d'interrompre l'approche peut être prise par le commandant de bord ou le copilote, qu'ils soient PF ou PNF. Par ailleurs, le manuel précise que « *indépendamment des critères de stabilisation, le commandant de bord ou le copilote a le pouvoir et le devoir d'interrompre une approche ou un atterrissage [...] si l'un ou l'autre a le sentiment que cette approche ou cet atterrissage est compromis ou qu'il existe un danger à poursuivre l'approche* ». Le transfert des commandes lors de l'approche a certainement placé en situation difficile le copilote. Il s'est progressivement trouvé en retrait vis-à-vis du déroulement du vol et l'apparente aisance dont faisait preuve le commandant de bord l'a probablement conforté dans une position d'observateur.

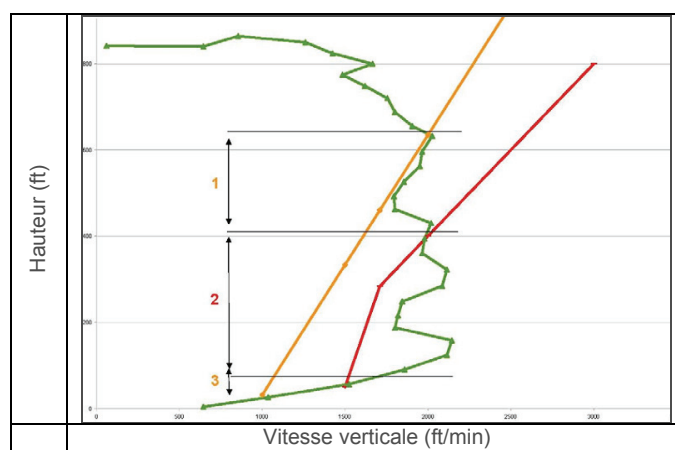
### Alarmes EGPWS

En cas d'alarme EGPWS de type PULL-UP, la procédure d'urgence associée décrite impose à l'équipage de réagir de manière franche, sans hésitation et sans tenter d'analyser la situation, quelles que soient les conditions (de jour, de nuit, en VMC ou en IMC). Le manuel d'exploitation de Regional explique également que si une alarme EGPWS sans message PULL-UP se déclenche de jour ET en VMC, l'équipage a la possibilité soit de corriger la trajectoire pour annuler l'alarme, soit d'interrompre l'approche. En cas d'approche non stabilisée, il doit effectuer une remise de gaz.

Le manuel d'exploitation précise que « *si le commandant de bord ne répond pas aux alarmes EGPWS, le copilote doit supposer que ce dernier est en incapacité et prendre le contrôle de l'avion pour effectuer la procédure appropriée* ».

Le graphe ci-après représente l'enveloppe de déclenchement du mode « *taux excessif de descente* » (Mode 1). La zone située entre la courbe jaune et la courbe rouge correspond à l'alarme SINKRATE. Celle sous la courbe rouge est la zone de déclenchement de l'alarme PULL-UP. La courbe verte correspond aux paramètres de l'avion<sup>(4)</sup> lors de l'approche à Ljubljana.

<sup>(4)</sup>Le taux de descente a été calculé en dérivant l'altitude. Aussi, ces valeurs à faible hauteur ne correspondent pas aux valeurs exactes à cause de phénomènes d'hystérésis.



Lors de l'approche finale, plusieurs alarmes EGPWS ont retenti. Malgré une alarme PULL-UP qui a duré onze secondes, l'équipage n'a pas entrepris de remise de gaz. Lorsque le commandant de bord a repris les commandes en approche finale, son expérience de pilote de planeur et de voltige a pu le conforter dans sa décision de poursuivre jusqu'à l'atterrissage, et par conséquent de ne pas répondre aux alarmes EGPWS.

## Témoignages de l'équipage

### *Commandant de bord (54 ans, 12 812 heures de vol dont 5 900 sur type)*

L'ensemble du vol s'est déroulé sans aucune pression temporelle et sans particularité jusqu'au début de l'approche. Compte tenu des bonnes conditions météorologiques, une approche à vue a été demandée et acceptée par le contrôleur d'approche. Le commandant de bord a estimé que la position « haut sur le plan » était due au maintien de l'avion à 4 000 ft par le contrôleur d'approche<sup>(5)</sup>. Comme le copilote semblait rencontrer des problèmes pour gérer la trajectoire et en raison d'une première alarme EGPWS, il a décidé de reprendre les commandes.

Il ne lui a pas semblé être sur un plan particulièrement fort. Il est resté confiant dans la réalisation de l'approche jusqu'à l'atterrissage malgré le déclenchement de nouvelles alarmes EGPWS. En toute fin d'approche finale, il a ressenti un enfoncement prononcé de l'avion et il a jugé l'atterrissage franc sans sensation de rebond.

### *Copilote (54 ans, 9 994 heures de vol dont 2 392 sur type)*

En sortie de la couche nuageuse, le commandant de bord lui a proposé d'effectuer une approche à vue, ce qu'il a accepté. Il indique avoir conduit une longue « vent arrière » maintenue à 4 000 ft par le contrôleur d'approche ce qui a positionné l'avion haut sur le plan. Il est entré dans une zone de turbulences modérées à fortes et a éprouvé des difficultés à réduire sa vitesse. Il a entendu une alarme EGPWS et a annoncé ne pas bien « sentir » l'avion. Le commandant de bord a alors repris les commandes. Le copilote a jugé le plan fort, mais malgré de nouvelles alarmes EGPWS, il n'a pas eu la sensation d'être dans une position difficile. Il a mentionné une aisance manifeste du commandant de bord qui l'a conduit à penser que celui-ci allait récupérer le plan de descente. A une hauteur d'environ 200 ft, il a perçu un enfoncement rapide de l'avion que le CDB a tenté de contrer, mais le mouvement était trop rapide. L'atterrissage a été dur.

L'équipage a mentionné des turbulences modérées lors de l'approche, depuis le FL100 jusqu'à l'atterrissage. Aucune référence au PAPI tout au long de l'approche.

### *Personnel de cabine*

Le personnel de cabine a déclaré que, peu avant l'atterrissage, alors qu'il y avait des turbulences, il s'est préparé à une situation anormale car il n'entendait pas les messages habituels en poste (notamment l'annonce « One hundred »). Il a dit entendre un autre message qu'il n'a pas identifié. Il a qualifié l'atterrissage de violent avec rebond, suivi d'un roulage normal.

<sup>(5)</sup>La clairance limite a en fait été levée alors que l'avion passait 5 500 ft en descente.

## CONCLUSION ET ENSEIGNEMENTS

L'équipage a été autorisé à effectuer une approche à vue. Il a décidé de virer en étape de base à une distance trop proche de la piste compte tenu de l'altitude, ce qui a positionné l'avion en finale au-dessus du plan d'approche final et avec une vitesse conventionnelle élevée. La poursuite de l'approche non stabilisée, avec des conditions turbulentes, a conduit à l'atterrissage dur.

Un excès de confiance du commandant de bord associé à l'attitude passive du copilote suite au transfert des commandes en approche finale, a généré dans le poste de pilotage un gradient d'autorité. Dans ces conditions, l'interruption de l'approche n'a pas été envisagée par l'équipage malgré l'identification de plusieurs alarmes EGPWS et les conditions non remplies de stabilisation.

Ont également contribué à l'accident les facteurs suivants :

- l'absence de mise à jour du briefing arrivée après avoir été autorisé à effectuer une approche à vue ;
- lors de l'approche à vue, l'appréciation de la situation par l'équipage sans exploitation d'informations à sa disposition. Ces informations sont d'autant plus utiles dans un environnement montagneux où les reliefs peuvent fausser l'appréciation du plan d'approche à suivre ;
- la répartition des tâches au sein de l'équipage. Il était en effet moins aisé pour le PF, assis en place droite, de se repérer visuellement au sol lors des virages en étape de base et en finale.

### Briefing arrivée

L'objectif du briefing est de synchroniser l'équipage sur le projet d'action et d'identifier toutes les particularités et les menaces de l'approche afin de réduire le risque d'effets de surprises. L'identification des particularités de l'approche au cours du briefing arrivée fait partie des recommandations de l'IATA et de la Flight Safety Foundation.

### Approche à vue

La finalité d'une approche à vue est de raccourcir la trajectoire et donc de réduire le temps de vol et la consommation de carburant. Elle ne doit pas se faire au détriment de la sécurité, et ne dispense pas de la surveillance et du contrôle des paramètres de conduite du vol. Cet accident montre que les perceptions peuvent être largement erronées et ainsi ne pas permettre l'identification du risque encouru.

### Travail en équipage

Il ressort du témoignage du copilote que ce dernier s'est peu à peu retrouvé en dehors du projet d'action pour finir plus observateur qu'acteur du vol. La proposition d'approche à vue semble avoir été acceptée de façon passive. Lors de cette dernière, le copilote a mentionné qu'il avait du mal à tenir l'avion ce qui a conduit le commandant de bord à reprendre les commandes. L'apparente aisance



dont faisait preuve le commandant de bord, du fait de sa confiance dans la réussite de l'approche, a conforté le copilote dans une attitude d'observateur. Le copilote s'est progressivement trouvé en retrait vis-à-vis du déroulement du vol ce qui ne l'a pas conduit à intervenir à propos de la non-stabilisation de l'approche et du déclenchement des alarmes EGPWS.

### **Gestion des alarmes**

En aucun cas le projet d'action ne doit inclure le déclenchement d'une alarme et conduire l'équipage à trouver cette dernière normale. La procédure d'urgence imposée par l'alarme EGPWS PULL-UP doit être appliquée sans interprétation. C'est l'objectif même de cette alarme que d'alerter l'équipage sur une situation dont il peut ne pas avoir perçu la gravité. Les alarmes EGPWS doivent être considérées, à l'image d'une alarme TCAS, comme une protection indiscutable et conduire à une réaction de l'équipage. Cette réaction doit être initiée soit par le commandant de bord, soit par le copilote.