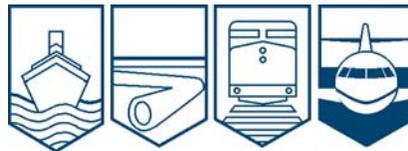


Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

**RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE**  
**A03O0273**



**SORTIE DE PISTE**

**DU GULFSTREAM AEROSPACE LP ASTRA SPX C-GSSS**  
**EXPLOITÉ PAR PARTNER JET INC.**  
**À L'AÉROPORT INTERNATIONAL DE**  
**TORONTO / LESTER B. PEARSON (ONTARIO)**  
**LE 26 SEPTEMBRE 2003**

**Canada**

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

## Rapport d'enquête aéronautique

### Sortie de piste

du Gulfstream Aerospace LP Astra SPX C-GSSS  
exploité par Partner Jet Inc.  
à l'aéroport international de  
Toronto / Lester B. Pearson (Ontario)  
le 26 septembre 2003

Rapport numéro A03O0273

### *Sommaire*

À 18 h 26, heure avancée de l'Est, l'avion Astra SPX d'Israel Aircraft Industries (immatriculé C-GSSS et portant le numéro de série 80) à bord duquel se trouvent deux membres d'équipage et quatre passagers se pose sur la piste 05 de l'aéroport international de Toronto / Lester B. Pearson (Ontario). Au moment où le train avant touche le sol, de fortes vibrations (shimmy) se font sentir, et l'équipage de conduite a de la difficulté à maîtriser l'avion. Alors que l'équipage de conduite tente de diriger l'appareil, un braquage intempestif à fond à la gauche se produit et l'avion commence à virer à gauche. Le copilote essaie de braquer le volant vers la droite mais n'est pas en mesure de le déplacer. L'équipage de conduite tente de corriger le braquage à fond à gauche en utilisant le freinage différentiel et la poussée inverse, mais il n'est pas en mesure de maintenir l'avion sur la piste. L'avion glisse jusqu'à l'extérieur du côté nord de la piste et finit par s'immobiliser sur le terrain qui sépare la piste 05 de la voie de circulation Juliet, juste avant l'intersection de la piste 15 droite (15R).

Le commandant de bord communique avec la tour et demande l'intervention des services d'urgence. Pendant ce temps, le copilote sort de l'avion afin de vérifier l'étendue des dommages et de s'assurer que l'équipage et les passagers ne sont pas en danger. Le copilote estime que la situation ne présente pas de danger et il remonte à bord de l'avion. L'équipage de conduite et les passagers attendent l'arrivée des services d'urgence. L'avion est légèrement endommagé.

*This report is also available in English.*

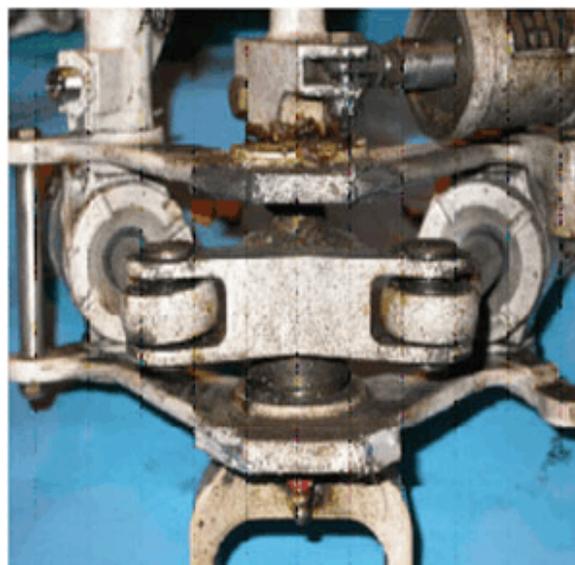
## *Autres renseignements de base*

Le commandant de bord, assis en place droite, était titulaire d'une licence de pilote de ligne valide. Il avait subi récemment un contrôle de compétence pilote sur type. Il cumulait environ 17 500 heures de vol, dont 500 sur type. Le copilote était titulaire d'une licence de pilote de ligne valide et avait suivi récemment la formation périodique sur Astra/G100. Il cumulait environ 8300 heures de vol, dont 775 sur type. Au moment de l'accident, le copilote était le pilote aux commandes et il était assis en place gauche, ce qui lui permettait de s'occuper de tous les aspects du pilotage, y compris du roulage, puisque l'Astra SPX n'est équipé que d'une commande d'orientation du train avant située du côté gauche du poste de pilotage. Le copilote possédait les qualifications pour occuper cette place.

Le rapport météorologique de 18 h, heure avancée de l'Est (HAE)<sup>1</sup>, intéressant l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson faisait état des conditions suivantes : vent du 100 degrés vrais à 8 noeuds avec des rafales à 15 noeuds; nuages épars à 1500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl); nuages fragmentés à 2800 pieds asl; visibilité supérieure à 15 milles; température de 17 °C; point de rosée de 10 °C. La piste était dégagée et sèche. La déclinaison magnétique à Toronto est de 10° vers l'ouest.

Un examen de l'avion a révélé que les ferrures de fixation supérieure et inférieure du dispositif d'orientation du train avant s'étaient rompues près de la fixation à la cloison de l'avion. Le vérin de commande de gauche a été trouvé en position complètement sortie, et le vérin de commande de droite, en position complètement rentrée, ce qui correspond à un braquage à fond à la gauche. Tout le dispositif d'orientation du train était tourné et coincé contre le côté droit du logement du train avant, au-delà de la plage normale de braquage du train avant.

Le dispositif d'orientation du train avant (photo 1) comprend une ferrure de fixation supérieure et inférieure, un vérin de commande gauche et droit et un arbre muni d'un joint universel qui s'accouple au train avant. Les ferrures sont fixées ensemble à quatre endroits au moyen de boulons, d'écrous et d'une cale, cette dernière servant à maintenir l'espacement. Tout le dispositif d'orientation est ensuite fixé par des boulons à la cloison arrière du logement du train avant de l'avion.



**Photo 1.** Vue arrière du dispositif d'orientation (après sa dépose de l'avion)

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en HAE (temps universel coordonné moins quatre heures).

On a remarqué des signes d'usure de contact<sup>2</sup> sur les surfaces de contact des ferrures supérieure et inférieure au niveau de la fixation à la cloison (photo 2). Les surfaces de rupture de la ferrure supérieure étaient lourdement contaminées par du liquide hydraulique Skydrol® noirci et leur fini avait une apparence polie. De plus, la peinture à proximité des surfaces de rupture était amollie et comportait des boursouflures, un peu comme une couche de peinture sur laquelle on aurait appliqué un liquide décapant. Par comparaison, les surfaces de rupture de la ferrure inférieure étaient propres et mates, et la peinture ne présentait aucun signe d'amollissement ni aucune boursouffure. Les surfaces de rupture des ferrures supérieure et inférieure présentaient des signes d'arrachement du métal sous l'effet de l'impact des surfaces de rupture l'une sur l'autre. L'ensemble du dispositif d'orientation du train avant a été envoyé au Laboratoire technique du Bureau de la sécurité des transports (BST) pour y être examiné plus en détail.



**Photo 2.** Ferrures de fixation supérieure et inférieure sur la cloison arrière

L'examen en laboratoire a révélé qu'il n'y avait aucun signe de crique de fatigue sur aucune des surfaces de rupture et que toutes les surfaces de rupture étaient représentatives de défaillances découlant de contraintes excessives. Un essai a été effectué afin de déterminer combien il faudrait de temps à la peinture pour présenter des boursouflures si la surface était contaminée par du liquide hydraulique Skydrol®. Il s'agissait de rayer jusqu'au métal une partie propre de la surface peinte de la ferrure d'attache, ce qui correspondrait à une crique typique dans la peinture à l'endroit de la rupture. La zone a ensuite été contaminée par du liquide hydraulique Skydrol®. Il s'est écoulé environ trois semaines avant que la surface d'essai peinte ne présente des signes de boursouflures.

L'avion était entretenu conformément à un programme approuvé d'inspections par phase dans le cadre duquel les groupes d'inspections doivent être effectués toutes les 62,5 heures de vol. Le dispositif du vérin d'orientation, y compris les ferrures, est inspecté aux 250 heures ou à toutes les quatrièmes phases d'inspection. La dernière inspection du dispositif du vérin remontait à la phase 5 des inspections en date du 25 avril 2003, soit 171 heures avant l'accident. L'inspection n'avait révélé aucune anomalie.

Un examen des livrets techniques de l'avion a permis de découvrir qu'il y avait eu plusieurs cas de vibrations du train avant qui remontaient jusqu'au 23 mars 2002. La plupart de ces cas avaient été directement attribués à un écrou B de ferrure qui était mal serré sur la valve de sélection du dispositif d'orientation. Lorsque le dispositif d'orientation n'est pas utilisé, le liquide hydraulique circule dans des réducteurs de débit qui se trouvent dans la valve de sélection, ce

---

<sup>2</sup> *L'usure de contact* est un phénomène d'érosion d'une surface causé par un déplacement de faible amplitude entre deux pièces qui sont fixées solidement l'une à l'autre sous une pression considérable.

qui réduit les vibrations dans le train avant. Le fait que l'écrou B était mal serré entraînait une fuite excessive de liquide hydraulique et nuisait à la propriété d'amortissement des vibrations fournie par la valve de sélection du dispositif d'orientation. Le serrage de l'écrou B a réglé le problème dans tous les cas, sauf dans un où le problème avait été attribué à un arbre de torsion du train avant qui était mal serré. Il n'y a aucun moyen d'assurer le blocage de l'écrou B afin de l'empêcher de se desserrer.

À l'échelle mondiale, il y a eu six autres cas de rupture de ferrure du dispositif d'orientation du train avant sur ce type d'avion. Le présent accident constitue la première défaillance de ce genre à se produire sur un avion immatriculé au Canada et la première enquête du BST relative à ce type de défaillance. Dans la plupart des cas, les vibrations du train avant avaient été ressenties par l'équipage de conduite avant que la défaillance ne soit découverte. Un examen de ces défaillances avait indiqué qu'elles avaient été causées par le dépassement des limites de rotation alors que la timonerie de direction (compas) était en place.

Le manuel de l'avion stipule que l'angle de braquage maximal du train avant est de 58° de part et d'autre du centre. Le manuel fait également la mise en garde suivante : [Traduction] « On peut endommager le train avant si on dépasse l'angle de braquage maximal lorsque le compas est en place ou si la contrefiche est trop basse. » L'angle de braquage maximal lorsque le compas n'est pas en place est de 90° de part et d'autre du centre. Il n'y a aucune indication visuelle des angles de braquage maximal. L'exploitant a indiqué qu'il essaie de s'assurer que le compas de l'avion est systématiquement débranché au moment du remorquage, mais ce n'est pas toujours possible. L'avion est souvent stationné loin de sa base d'attache, chez un exploitant de services aéronautiques d'aéroport, et, en raison des exigences opérationnelles, il se peut que l'avion soit déplacé vers un autre espace de stationnement à l'insu de l'équipage de conduite.

Plusieurs bulletins de service (BS) directement reliés au dispositif d'orientation du train avant de l'Astra SPX ont été publiés. Le 25 juin 1998, l'avionneur a publié le BS 1125-11-181 dans lequel on recommande l'installation de l'affichette d'avertissement suivante sur les portes de logement du train : [Traduction] « DÉBRANCHER LE COMPAS AVANT LE REMORQUAGE ». Les affichettes d'avertissement servent de rappel visuel au personnel de piste afin qu'il n'oublie pas de débrancher le compas avant le remorquage, le but étant de prévenir les dommages aux ferrures du dispositif d'orientation du train avant. Le BS en question a ensuite été renforcé par la publication, le 25 juin 1999, de la lettre d'information de service numéro 1125-09-096, laquelle recommande de passer en revue les procédures de remorquage se trouvant aux chapitres 9-00-00 (page 1) et 9-10-00 (pages 1 à 6) du manuel de maintenance de l'Astra, et d'incorporer le BS 1125-11-181.

Le 26 février 2001, l'avionneur a publié le BS 1125-32-225 dans lequel se trouvent des instructions de modification du dispositif d'orientation du train visant à réduire d'au plus 2° l'angle maximal de braquage du train avant. Cette modification éliminerait le cognement hydraulique<sup>3</sup> qui se produit au roulage à la fin du mouvement de rotation lorsqu'on utilise des angles de braquage extrêmes. De plus, le 20 avril 2001, l'avionneur a publié le BS 1125-32-187 demandant de

---

<sup>3</sup> Il s'agit d'un phénomène causé par l'arrêt soudain d'un liquide en mouvement. La poussée hydraulique découlant du cognement augmente avec la vitesse à laquelle se déplace le liquide. La pression peut augmenter pour atteindre jusqu'à quatre fois la pression normale. Cette situation peut causer des dommages considérables aux conduites de liquide et aux autres composants du circuit.

remplacer l'arbre de couplage du renvoi d'angle du dispositif d'orientation. Cette modification avait pour but de prévenir le serrage excessif de l'écrou de couplage du renvoi d'angle, lequel pourrait causer une raideur dans l'orientation de la roue avant et nuire au centrage du train avant.

Aucun des BS mentionnés ci-dessus n'avait été incorporé avant l'accident, ce qui ne contrevenait pas à la réglementation. Le 4 juillet 2000, Transports Canada a publié l'Avis de navigabilité (AN) B055, édition 1, intitulé *Conformité avec les bulletins de service*, afin clarifier la nécessité de se conformer aux BS. La partie 2 de l'AN traite des publications qui recommandent l'incorporation de modifications, l'exécution d'inspections ou des temps entre les révisions. On peut y lire ce qui suit :

Sauf prescription contraire dans la norme 625 Appendice C, la conformité avec les publications de cette catégorie est facultative. Toutefois, les propriétaires d'aéronefs doivent se faire le devoir de connaître le contenu de ces publications et d'évaluer la nécessité de s'y conformer selon leurs circonstances. Les exploitants commerciaux devraient disposer d'un processus officiel d'évaluation dans le cadre du programme d'évaluation prescrit par le RAC<sup>4</sup> 706.

Dans le présent cas, les BS ont été passés en revue par la personne responsable de la maintenance (PRM) au moment de leur publication, mais il a été décidé de ne pas les incorporer.

## *Analyse*

L'avion et l'équipage de conduite étaient dûment certifiés pour le vol en question, et la documentation indiquait que l'avion était entretenu conformément aux normes et à la réglementation en vigueur. Il a été établi que les conditions météorologiques n'ont joué aucun rôle dans le présent accident.

Il a été possible de conclure que la ferrure de fixation supérieure avait été soumise à des contraintes excessives et qu'elle avait subi une défaillance à un moment donné avant l'accident. Il a été impossible de déterminer quand la défaillance de la ferrure de fixation supérieure s'est produite. Cependant, la combinaison des surfaces de rupture polies, de la contamination par le liquide Skydrol® noirci sur ces surfaces et de l'amollissement de la peinture autour de la rupture indique qu'il s'agissait d'une rupture ancienne dont les surfaces se touchaient et frottaient l'une contre l'autre depuis quelque temps déjà. De plus, l'usure de contact trouvée sur les surfaces de contact des ferrures de fixation supérieure et inférieure corrobore cette analyse. L'usure de contact indique que les pièces de fixation se déplaçaient en raison du transfert à la ferrure inférieure des charges induites par l'orientation du train. Les surfaces de rupture propres et mates sur la ferrure inférieure proviennent de défaillances en surcharge qui se sont produites au moment de l'accident en question.

---

<sup>4</sup>

RAC : *Règlement de l'aviation canadien*

Des défaillances antérieures de ferrures de fixation sur d'autres avions ont montré que le remorquage d'un avion lorsque le compas est branché peut endommager les ferrures si l'angle maximal de braquage est dépassé. Les manuels et les BS corroborent cette conclusion. Toutefois, il n'existe aucun repère visuel relatif à l'angle maximal de braquage sur l'avion qui servirait de point de référence au personnel de piste. De plus, il est possible que les ferrures de fixation subissent des dommages pendant le remorquage lorsque le compas est branché, même si l'angle maximal de braquage de l'avion n'est pas dépassé. Les caractéristiques de réduction des vibrations du dispositif d'orientation réduisent ou restreignent les mouvements du train avant. Pendant le remorquage, un virage serré avec le compas branché ou un virage sur une surface irrégulière risque de transférer des forces dommageables aux ferrures. Les manuels font aussi une mise en garde en stipulant que les virages serrés et les arrêts soudains pendant les manoeuvres au sol peuvent endommager l'avion.

Il est probable que, pendant le remorquage avec le compas branché, l'angle de braquage maximal a été dépassé à un moment donné avant l'accident. Cette situation a donné lieu à une rupture de la ferrure de fixation supérieure qui n'a pas eu d'effet immédiat sur les caractéristiques de maniabilité de l'avion. Les vibrations du train avant au moment de l'atterrissage à Toronto ont soumis la ferrure de fixation inférieure à des contraintes telles qu'elle a subi une rupture en surcharge. Le dispositif d'orientation pouvait alors se déplacer librement, ce qui signifie que la sollicitation de la commande de direction ne contribuait plus à la maîtrise en direction de l'avion.

L'exploitant n'avait pas incorporé les BS, ce qui n'a cependant pas eu d'effet sur l'état de fonctionnement de l'avion. Cela dit, si l'affichette dont il est question dans le BS 1125-11-181 avait été apposée sur les portes de logement du train, la défaillance initiale aurait peut-être pu être évitée.

### *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. Il est probable que l'angle de braquage maximal a été dépassé pendant que l'avion en question était remorqué avec le compas branché, ce qui a mené à la rupture de la ferrure de fixation supérieure.
2. Des vibrations dans la roue avant au moment de l'atterrissage ont soumis la ferrure de fixation inférieure à des contraintes qui ont mené à une surcharge et à une rupture, ce qui a permis au dispositif d'orientation et au train avant de pivoter de manière intempestive.
3. Devenu ingouvernable, l'avion a quitté la piste après la défaillance du dispositif d'orientation.

## *Fait établi quant aux risques*

1. Même si les manuels de l'avion font des mises en garde contre le dépassement des limites maximales de braquage lorsque le compas est branché, il n'y avait aucune marque externe permettant d'identifier les limites maximales de braquage du train avant de l'avion.

## *Autre fait établi*

1. Même si les bulletins de service (BS) publiés auraient peut-être pu prévenir la défaillance initiale, rien n'obligeait les personnes à s'y conformer.

## *Mesures de sécurité prises*

Le 21 octobre 2003, le ministère des Transports de l'État d'Israël a publié la consigne de navigabilité (CN) 32 -03-10-05, laquelle est entrée en vigueur le 28 octobre 2003. Celle-ci exigeait l'exécution d'une inspection non récurrente des ferrures de fixation supérieure et inférieure du dispositif d'orientation du train avant dans les 50 heures de vol ou dans les 25 atterrissages suivants, selon la première de ces deux éventualités. Cette CN a été adoptée par Transports Canada le 17 novembre 2003.

Le 24 octobre 2003, Gulfstream Aerospace LP a publié le bulletin de service d'alerte obligatoire 100-32A-275 intitulé *Nosewheel Steering - Inspection of Upper and Lower Steering Assembly Brackets* (Orientation du train avant - inspection des ferrures de fixation supérieure et inférieure du dispositif d'orientation). Ce bulletin de service exigeait l'exécution d'une inspection non récurrente des ferrures de fixation et une inspection du ressort de centrage de la roue avant. La révision numéro 1 de ce bulletin a été publiée le 24 décembre 2003. L'inspection visuelle est devenue une inspection par courants de Foucault, et cet essai non destructif aux 250 heures s'est ajouté à l'inspection périodique figurant au chapitre 5 du manuel de maintenance de l'avion (voir 5-24-01, révision 9, en date du 30 décembre 2003). De plus, il est important de noter que la révision 1 du BS 1125-11-181 (mentionné plus haut) a été publiée le 24 décembre 2003 et que le statut de ce BS est passé de recommandé à obligatoire.

Le 3 octobre 2003, Partner Jet a publié la note de service opérationnelle 02-25 pour rappeler aux pilotes que le compas d'orientation doit être débranché après le vol afin de s'assurer que l'avion ne sera pas remorqué avec son compas branché. On y indiquait également que les pilotes auraient peut-être à rappeler au personnel de piste de ne pas remorquer l'avion avec le compas branché. De plus, la compagnie s'est conformé aux BS mentionnés plus tôt dans le présent rapport.

Partner Jet a soumis le rapport de difficultés en service (RDS) numéro 20030929004 concernant la défaillance du dispositif d'orientation du train avant et la sortie de piste qui a suivi la défaillance. Transports Canada a publié l'avis de difficultés en service numéro 2004-06 afin de diffuser ces

renseignements à tous les intervenants du domaine de l'aviation. Cet avis a été publié dans le but de rappeler au personnel du domaine de l'aviation de suivre les procédures de remorquage adéquates et de respecter les angles de braquage maximal du train avant.

Le 30 juin 2004, Gulfstream Aerospace LP a publié une révision du chapitre 09-00-00, « Towing and Taxiing - System Description » (Remorquage et roulage : Description du système), et du chapitre 09-10-00, « Towing Maintenance Practices » (Pratiques de remorquage en maintenance), du manuel de maintenance de l'avion. La révision modifiait le libellé de la section des généralités du chapitre 09-00-00 afin d'indiquer que l'avion peut être remorqué ou refoulé lorsque le compas est débranché et éliminait les limites de braquage du train avant lorsque le compas est débranché. Le second avertissement de la section C du chapitre 09-10-00 du manuel de maintenance de l'avion a été modifié pour indiquer que le compas doit être débranché avant le remorquage et que le fait de ne pas respecter cette consigne pourrait mener à des dommages aux ferrures de fixation du dispositif d'orientation.

*Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 11 août 2004.*