



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada

# RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A14F0065



## **Approche non stabilisée et atterrissage dur**

Air Canada Rouge LP

Airbus A319, C-FZUG

Aéroport international Sangster

Montego Bay (Jamaïque)

10 mai 2014

Canada

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
Place du Centre  
200, promenade du Portage, 4<sup>e</sup> étage  
Gatineau QC K1A 1K8  
819-994-3741  
1-800-387-3557  
[www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)  
[communications@bst-tsb.gc.ca](mailto:communications@bst-tsb.gc.ca)

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par  
le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2017

Rapport d'enquête aéronautique A14F0065

No de cat. TU3-5/14-0065F-PDF  
ISBN 978-0-660-07107-7

Le présent rapport se trouve sur le site Web  
du Bureau de la sécurité des transports du Canada  
à l'adresse [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)

*This report is also available in English.*

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

## Rapport d'enquête aéronautique A14F0065

### **Approche non stabilisée et atterrissage dur**

Air Canada Rouge LP

Airbus A319, C-FZUG

Aéroport international Sangster

Montego Bay (Jamaïque)

10 mai 2014

### *Résumé*

L'Airbus A319 (immatriculé C-FZUG, numéro de série 697) exploité par Air Canada Rouge LP, effectuait le vol AC1804 depuis l'aéroport international Lester B. Pearson de Toronto (Ontario) selon les règles de vol aux instruments, à destination de Montego Bay (Jamaïque), avec 131 passagers et 6 membres d'équipage à bord. L'équipage de conduite a reçu l'autorisation d'effectuer une approche de non-précision sur la piste 07 dans des conditions météorologiques de vol à vue. L'approche est devenue instable et à 14 h 29, heure avancée de l'Est, l'aéronef s'est posé durement, au point où il a dépassé les critères techniques du train d'atterrissage. L'aéronef n'a subi aucun dommage structural, et il n'y a eu aucun blessé.

*This report is also available in English.*



# Table des matières

1.0	Renseignements de base .....	1
1.1	Déroulement du vol.....	1
1.2	Victimes .....	9
1.3	Dommmages à l'aéronef.....	9
1.4	Autres dommmages.....	9
1.5	Renseignements sur les pilotes.....	10
1.5.1	Équipage de conduite .....	10
1.6	Renseignements sur l'aéronef.....	10
1.6.1	Généralités .....	10
1.6.2	Commande automatique de poussée.....	11
1.6.3	Avertissements/indications du système de commande automatique de poussée .....	11
1.6.4	Avertissement de bas régime.....	12
1.6.5	Module de commande de vol.....	12
1.7	Renseignements météorologiques .....	13
1.8	Aides à la navigation.....	14
1.9	Communications .....	14
1.10	Renseignements sur l'aérodrome.....	14
1.11	Enregistreurs de bord .....	14
1.12	Renseignements sur les dommmages et sur l'impact.....	14
1.13	Renseignements médicaux et pathologiques.....	15
1.14	Incendie.....	15
1.15	Questions relatives à la survie des occupants.....	15
1.16	Essais et recherches.....	15
1.16.1	Rapports de laboratoire du BST.....	15
1.17	Renseignements sur l'organisme et sur la gestion.....	15
1.17.1	Généralités .....	15
1.17.2	Formation de l'équipage de conduite.....	15
1.17.3	Procédures d'utilisation normalisées d'Air Canada Rouge.....	16
1.17.4	Politique d'Air Canada Rouge sur les approches stabilisées.....	19
1.17.5	Critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge : entrée d'approche finale au repère d'approche finale .....	20
1.17.6	Critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge : entrée d'approche finale à 500 pieds .....	21
1.17.7	Critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge : sous les 500 pieds...	21
1.17.8	Système de gestion de la sécurité et suivi des données de vol.....	22
1.18	Renseignements supplémentaires.....	23
1.18.1	Approches non stabilisées.....	23
1.18.2	Recommandations quant aux caractéristiques d'une approche stabilisée.	25
1.18.3	Réglementation sur la formation.....	26
1.18.4	Recommandation A14-01 du BST (25 mars 2014) .....	27
1.18.5	Liste de surveillance du BST.....	29

1.18.6	Interaction humaine avec les systèmes automatisés .....	29
1.18.7	Surveillance et stabilité des approches.....	30
1.18.8	Procédures d'utilisation normalisées.....	32
1.18.9	Exposés.....	32
1.18.10	Gestion des ressources de l'équipage.....	32
1.19	Techniques d'enquête utiles ou efficaces.....	33
<b>2.0</b>	<b>Analyse.....</b>	<b>34</b>
2.1	Introduction.....	34
2.2	Planification du vol et exposé.....	34
2.3	Gestion des activités liées aux opérations et non liées aux opérations durant l'approche .....	34
2.4	Approche non stabilisée - vol à l'étude.....	35
2.4.1	Gestion des systèmes de bord avec et sans automatisation.....	35
2.4.2	Approche non stabilisée.....	37
2.4.3	Gestion de l'énergie .....	38
2.4.4	Surveillance de la stabilité des approches .....	39
2.5	Automatisation.....	40
2.6	Gestion des ressources de l'équipage et procédures d'utilisation normalisées.....	40
2.7	Formation de l'équipage de conduite.....	41
<b>3.0</b>	<b>Faits établis.....</b>	<b>43</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs .....	43
3.2	Faits établis quant aux risques.....	44
<b>4.0</b>	<b>Mesures de sécurité .....</b>	<b>45</b>
4.1	Mesures de sécurité prises.....	45
<b>Annexes.....</b>		<b>46</b>
Annexe A	- Profil de vol vertical de l'aéronef.....	46
Annexe B	- Approche VOR/DME vers la piste 07, Aéroport international Sangster (MKJS).....	47
Annexe C	- Écarts par rapport aux procédures d'utilisation normalisées.....	48
Annexe D	- Glossaire .....	51

## 1.0 Renseignements de base

### 1.1 Déroulement du vol

À 10 h 34<sup>2</sup>, l'Airbus A319 (immatriculé C-FZUG, numéro de série 697) exploité par Air Canada Rouge LP, a décollé de l'aéroport international Lester B. Pearson (CYYZ) de Toronto (Ontario) pour effectuer le vol AC1804. Il s'agissait du premier vol du cycle de jumelage des 2 pilotes. Le commandant de bord occupait le siège de gauche et était le pilote aux commandes (PC)<sup>3</sup>. Le copilote, qui occupait le siège de droite, était le pilote surveillant (PS). L'aéronef est monté au niveau de vol (FL) 370<sup>4</sup> pour la partie du vol effectuée à l'altitude de croisière.

À 13 h 59, soit avant la mise en descente et environ 30 minutes avant le poser des roues, le PC a fait l'exposé d'approche en prévision d'une approche soutenue par le système d'atterrissage aux instruments (ILS) de la piste 07 de l'aéroport international Sangster (MKJS) de Montego Bay (Jamaïque). Contrairement à la politique d'Air Canada Rouge, l'exposé d'approche n'a pas abordé la procédure de remise des gaz ni la procédure spécifique publiée en cas d'approche interrompue.

À 14 h 3, l'aéronef a amorcé sa descente initiale depuis FL 370.

L'annexe 13 de la Convention relative à l'aviation civile internationale de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)<sup>1</sup> exige que les États qui mènent les enquêtes sur des accidents protègent les enregistrements des conversations dans le poste de pilotage. Le Canada se conforme à cette exigence en les protégeant par la Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports. Même si le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) peut faire usage des enregistrements de bord dans l'intérêt de la sécurité des transports, il n'est pas autorisé à divulguer sciemment certaines de leurs parties qui n'ont aucun rapport avec les causes ou les facteurs contributifs d'un accident ou avec la détermination des lacunes de sécurité.

La protection du contenu des enregistreurs de conversations de poste de pilotage (CVR) assure la disponibilité de ces données essentielles pour les enquêtes de sécurité. Le BST a toujours respecté ses obligations en la matière et a toujours rigoureusement limité l'usage des données des CVR à ses rapports. À moins qu'elles ne soient requises pour appuyer une constatation ou cerner une lacune de sécurité importante, le BST ne les inclura pas dans ses rapports.

Le BST a eu largement recours aux données de l'enregistreur de conversations de poste de pilotage pour rédiger le présent rapport. Dans chaque cas, les données ont été soigneusement étudiées pour s'assurer que les extraits utilisés étaient liés aux causes ou aux facteurs contributifs de l'accident ou qu'ils contribuaient à déterminer les lacunes de sécurité.

<sup>1</sup> Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, Enquêtes sur les accidents et incidents d'aviation, 10<sup>e</sup> édition, 2010, modification 14, paragraphe 5.12.

<sup>2</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

<sup>3</sup> Voir l'annexe D - Glossaire pour la liste des abréviations et acronymes utilisés dans le présent rapport.

<sup>4</sup> 37 000 pieds d'altitude de pression.

À 14 h 5, l'équipage de conduite a tenu une conversation non liée aux opérations qui a duré près de 3 minutes. Cela était contraire aux politiques d'Air Canada Rouge sur les conversations liées aux opérations durant les étapes critiques du vol, y compris celle depuis le début de descente à l'arrivée.

À 14 h 15, le service du contrôle de la circulation aérienne (ATC) à MKJS a demandé à l'équipage de conduite s'il préférerait une approche navigation de surface (RNAV) ou VOR/DME de la piste 07<sup>5</sup>. À ce stade, l'équipage de conduite a pris conscience d'un avis aux aviateurs (NOTAM)<sup>6</sup> publié selon lequel aucune approche ILS de la piste 07 n'était disponible. Ce NOTAM faisait partie des documents d'autorisation de vol fournis par la compagnie avant le départ, mais l'équipage de conduite n'en avait pas pris connaissance. L'équipage a choisi d'effectuer l'approche VOR/DME de la piste 07.

À 14 h 17 (12 minutes avant l'atterrissage), le PC a refait l'exposé au PS pour l'approche VOR/DME de la piste 07. Comme c'était le cas lors du premier exposé d'approche en prévision de l'approche ILS de la piste 07, le PC n'a couvert ni la procédure de remise des gaz ni la procédure publiée en cas d'approche interrompue pour l'approche VOR/DME de la piste 07. Le PC a dit qu'une approche gérée<sup>7</sup> serait effectuée.

Durant le second exposé, le PC a indiqué que l'altitude de franchissement du repère d'approche finale (FAF) était de 2000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl)<sup>8</sup>, et que l'angle de trajectoire de vol (FPA) était de 3,2°.

À 14 h 21 min 20 s, l'équipage de conduite a tenu une conversation non liée aux opérations qui s'est terminée à 14 h 22 min 4 s (environ 8 minutes avant le poser des roues), alors que l'aéronef franchissait 10 000 pieds en descente.

À 14 h 23 min 56 s (6 minutes avant l'atterrissage), l'ATC a demandé à l'équipage de conduite s'il pouvait gagner directement le repère LENAR<sup>9</sup>. L'équipage de conduite a répondu par l'affirmative, et l'aéronef a été autorisé à se rendre à LENAR. À ce stade, le

---

<sup>5</sup> VOR/DME signifie un radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence avec de l'équipement connexe de mesure de distance.

<sup>6</sup> Un avis aux aviateurs (NOTAM) est un avis déposé auprès d'une autorité aéronautique pour aviser les pilotes d'aéronefs de dangers potentiels sur leur trajectoire de vol ou à un endroit qui pourrait nuire à la sécurité du vol.

<sup>7</sup> Dans une approche gérée [traduction] « l'aéronef est guidé en fonction du plan de vol latéral et vertical et le profil de vitesse du FMS [système de gestion de vol]. On arme ou actionne ces modes et cibles en appuyant sur les boutons du module de commande de vol (FCU). » Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319 (AOM)*, Volume 1 (10 mai 2013), Standard Operating Procedures, alinéa 1.04.00, p. 4.

<sup>8</sup> Les altitudes sont exprimées en pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), sauf indication contraire.

<sup>9</sup> LENAR est le repère d'approche initiale de la piste 07 pour une procédure d'approche par radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence (VHF) avec l'équipement connexe de mesure de distance (VOR/DME). Il est situé à 10,8 milles marins du seuil de la piste 07.

pilote automatique et la commande automatique de poussée étaient embrayés et commandaient l'aéronef.

À 14 h 24 min 46 s, avant de virer sur la trajectoire d'approche finale, le PC a sélectionné une vitesse désirée de 190 nœuds sur le module de commande de vol (FCU). La commande automatique de poussée a réduit la poussée, ce qui a entamé la décélération à partir de 250 nœuds. L'aéronef volait en palier à 3000 pieds.

À 14 h 25 min 3 s, le PC a demandé le réglage des volets au cran 1, qui est le premier changement de configuration dans la séquence d'approche.

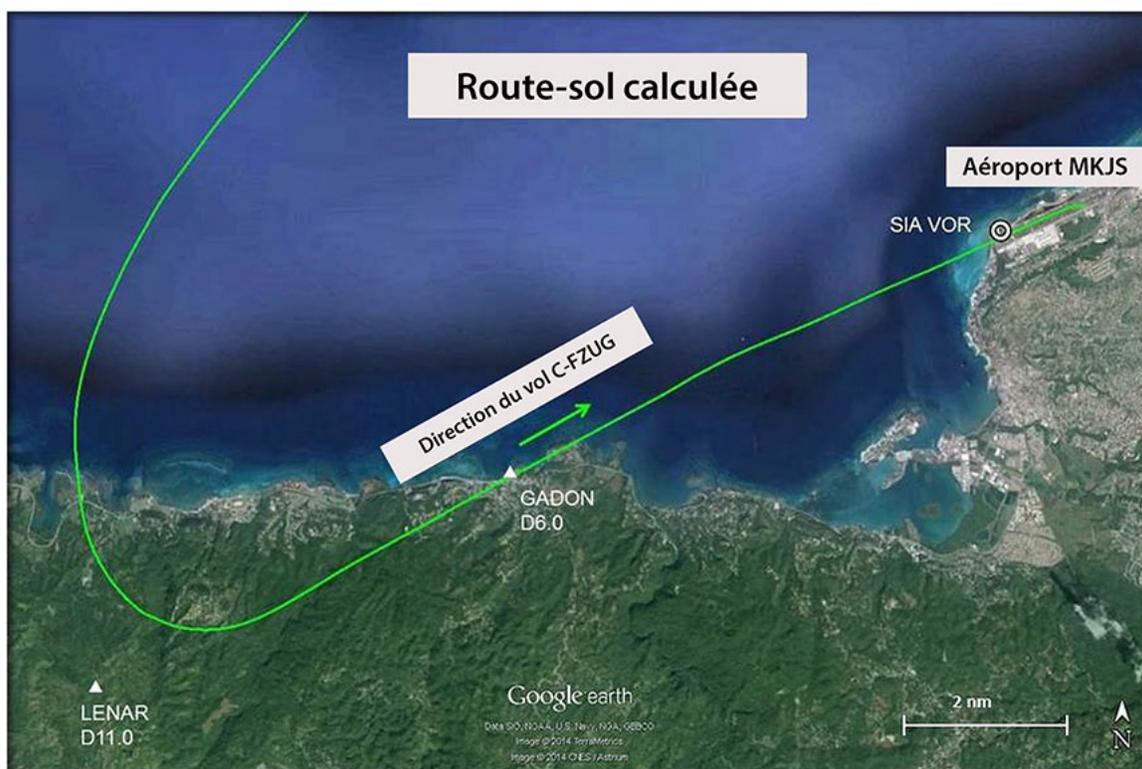
De 14 h 25 min 28 s à 14 h 26 min 2 s, le PS était en conversation avec l'ATC. Durant ce temps, l'aéronef a viré sur sa trajectoire d'approche finale.

À 14 h 25 min 44 s, l'aéronef a intercepté la trajectoire d'approche finale de la gauche (nord), à environ 9,6 milles marins (nm) du seuil de la piste (en deçà du repère LENAR) (figure 1). L'aéronef se trouvait alors à une altitude de 3000 pieds, avec ses volets au cran 1. D'après les procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Air Canada Rouge, à ce stade (4 nm avant le FAF), l'aéronef devrait être configuré avec les volets au cran 2. Le pilote automatique était embrayé, tout comme la commande automatique de poussée. La vitesse anémométrique était d'environ 200 nœuds, et l'aéronef volait légèrement au-dessus de l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) de  $2,95^\circ$ , mais sous le FPA de  $3,2^\circ$ . L'aéronef a amorcé la descente en vue de l'approche finale. Peu après, les modes latéral et vertical de l'annonceur de mode de vol (FMA) ont changé à NAV et FINAL DES<sup>10</sup> respectivement. Ceci indiquait que le système de guidage et de gestion de vol (FMGS) commandait l'aéronef. La vitesse anémométrique sélectionnée était toujours de 190 nœuds. Dans ces modes, l'aéronef suit les trajectoires latérale et verticale requises, tandis que la commande automatique de poussée ajuste la poussée pour maintenir la vitesse sélectionnée.

---

<sup>10</sup> Lorsque le vol se déroule en mode NAV (navigation), l'indication FINAL DES (destination finale) ou FINAL s'illumine sur le FMA quand on appuie sur le bouton APPR (approche). Lorsque la trajectoire de l'aéronef correspond aux valeurs verticale FINAL et latérale APP NAV (manœuvre d'approche), l'indication FINAL APP (approche finale) s'affiche.

Figure 1. Route-sol de l'aéronef avec repères d'approche (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



À 14 h 26 min, à 9,2 nm de la piste, la vitesse anémométrique a diminué à 195 nœuds. Le PC a sélectionné une vitesse désirée de 180 nœuds pour ralentir l'aéronef, et la commande automatique de poussée a diminué la poussée au ralenti. L'aéronef volait alors à une altitude de 2950 pieds.

Vers 14 h 26 min 8 s (à 8,7 nm de la piste), le PC a demandé la sortie du train d'atterrissage pour accélérer la descente. D'après les SOP d'Air Canada Rouge, cette demande ne fait pas partie de la séquence normale de configuration d'aéronef. La séquence normale consiste à régler les volets au cran 2 avant de sortir le train d'atterrissage. Toutefois, les SOP permettent à l'équipage de conduite de sortir le train d'atterrissage à tout moment durant une approche pour faciliter la descente.

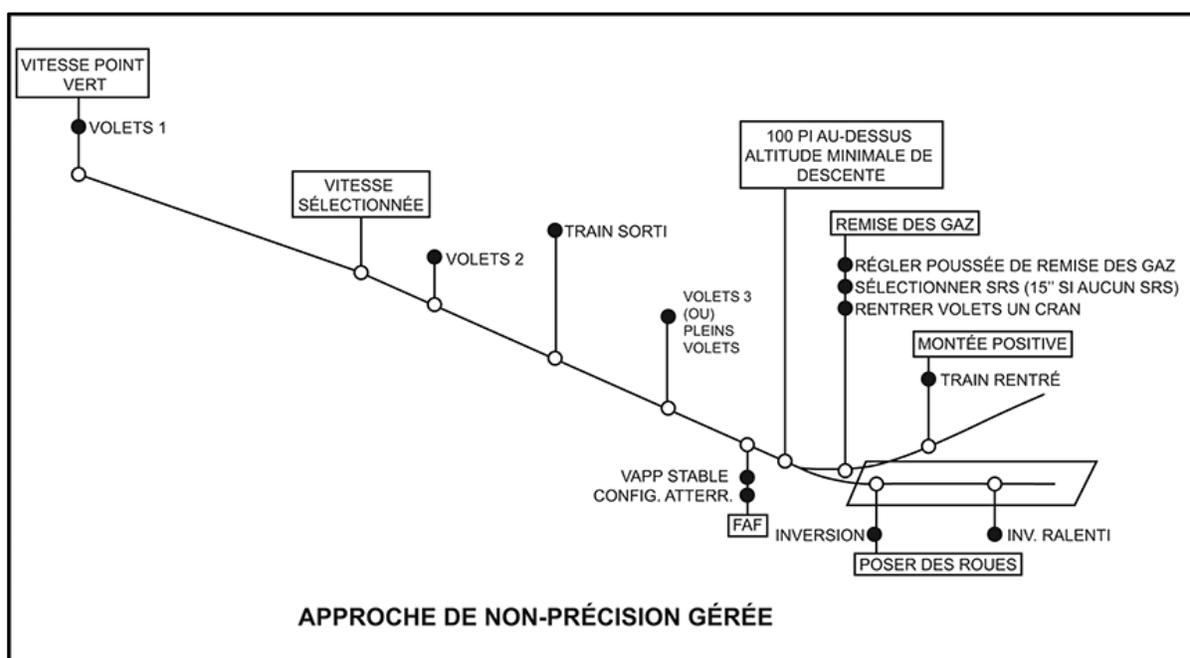
À 14 h 26 min 25 s, la vitesse anémométrique était de 188 nœuds. Au moyen du FCU, l'équipage de conduite a augmenté la vitesse désirée de 180 nœuds à 190 nœuds, puis à 200 nœuds. Comme suite à cette sélection, la commande automatique de poussée a momentanément développé la poussée moteur, ce qui a accru la vitesse anémométrique. Le taux de descente a également augmenté pour atteindre 2000 pieds par minute (pi/min).

À 14 h 26 min 28 s, le train d'atterrissage était sorti et verrouillé. L'aéronef se trouvait alors à 7,7 nm de la piste et à 1,7 nm du FAF, avec ses volets au cran 1. D'après les SOP d'Air Canada Rouge, l'aéronef aurait dû, à ce stade, être configuré avec les volets au cran 3.

À 14 h 26 min 37 s, l'aéronef était à 1,6 nm de la FAF. L'équipage de conduite a changé la vitesse désirée de sa sélection précédente de 200 nœuds à une vitesse désirée gérée<sup>11</sup> de 134 nœuds équivalant à la vitesse d'approche finale ( $V_{APP}$ )<sup>12</sup>. L'aéronef volait alors à une vitesse anémométrique de 198 nœuds et franchissait 2440 pieds en descente. Comme suite à ce changement à la vitesse désirée, l'aéronef a commencé à décélérer.

À 14 h 27 min 2 s, l'aéronef a franchi le FAF à l'altitude indiquée (2000 pieds) et à une vitesse anémométrique de 188 nœuds ( $V_{APP}$  plus 54 nœuds). À ce stade, le train d'atterrissage était sorti, et les volets étaient au cran 1. D'après les SOP d'Air Canada Rouge, un aéronef en approche de non-précision gérée devrait, à ce stade, être stable à la  $V_{APP}$ , avec son train d'atterrissage sorti et ses volets au cran 3 (figure 2).

Figure 2. Procédures d'utilisation normalisées d'Air Canada Rouge pour une approche de non-précision gérée (Source : Air Canada Rouge) [traduction superposée par le BST]



Au franchissement du FAF, le PC a sélectionné un FPA de 3,2° (soit l'angle approprié de la FAF) à l'aide du bouton de vitesse verticale/angle de trajectoire de vol (VS/FPA) du FCU. Les modes latéral et vertical du FMA ont changé au mode trajectoire (TRK) et à FPA respectivement. Les membres d'équipage de conduite n'ont pas fait les énoncés verbaux sur le franchissement du FAF, comme l'exigent les SOP, ni avisé verbalement de leurs activités respectives, comme le réglage de l'altitude appropriée d'approche interrompue dans le FCU.

À 14 h 27 min 13 s, le PC a débrayé le pilote automatique alors que l'aéronef franchissait 1780 pieds en descente, à une distance d'environ 5,2 nm du seuil de la piste et une vitesse

<sup>11</sup> L'ordinateur de guidage et de gestion de vol calcule la vitesse désirée gérée.

<sup>12</sup> L'ordinateur de guidage et de gestion de vol calcule la  $V_{APP}$ .

anémométrique de 186 nœuds. Le PC a effectué le reste de l'approche en vol manuel, avec le pilote automatique débrayé.

À 14 h 27 min 16 s, l'aéronef franchissait 1690 pieds en descente, à 5 nm de la piste, à une vitesse anémométrique de 187 nœuds, lorsque le PC a demandé le réglage des volets au cran 3<sup>13</sup>. Le PS a momentanément déplacé le levier au cran 3 depuis le cran 1. La vitesse anémométrique était supérieure de 2 nœuds à la vitesse maximale permise pour les volets au cran 3, et le PS a rapidement placé le levier de commande des volets au cran 2.

Contrairement aux SOP d'Air Canada Rouge, le PS n'a pas dit que la vitesse était appropriée au réglage sélectionné des volets et n'a pas communiqué au PC les changements de position des volets. Durant ces sélections des volets, l'ATC a communiqué avec l'équipage de conduite pour l'autoriser à atterrir.

Quoique les données de l'enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) indiquaient que le PC avait demandé les volets au cran 3, l'enquête a permis de déterminer que le PC croyait avoir demandé le cran 2.

À 14 h 27 min 22 s, l'équipage de conduite a tiré sur le sélecteur d'altitude (ALT/SEL) du FCU pour actionner cette fonction. Toutefois, l'altitude sélectionnée sur le FCU était réglée à 2000 pieds. Par conséquent, comme l'aéronef volait sous cette altitude, le mode vertical a changé de FPA au mode montée sans restriction (OP CLB), et la commande automatique de poussée a changé au mode poussée de montée (THR CLB). Le pilote automatique étant désactivé, l'aéronef n'a pas monté, comme le commandait l'ordinateur de bord. Toutefois, la commande automatique de poussée a développé la poussée moteur de 34 % à 87 %, ce qui a entraîné une augmentation de la vitesse anémométrique.

À 14 h 27 min 25 s, à environ 4,5 nm de la piste, à une vitesse anémométrique de 185 nœuds et une altitude de 1530 pieds, l'aéronef s'est mis en palier momentanément. Peu après, il a commencé à dévier au-delà de son angle de trajectoire de vol de 3,2° (annexe A).

À 14 h 27 min 26 s, le PS a, pour une deuxième fois, déplacé le levier de commande des volets du cran 2 au cran 3, toujours sans annoncer cette sélection ni confirmer que la vitesse était appropriée pour ce réglage des volets. Étant donné le développement de la poussée décrit ci-dessus, la vitesse anémométrique a augmenté à 193 nœuds, ce qui est au-delà de la vitesse maximale de 185 nœuds permise lorsque les volets sont au cran 3.

Trois secondes après la sélection du cran 3, les volets sont sortis à la position correspondant au cran 3 et l'enregistreur de données de vol (FDR) a consigné le déclenchement du système principal d'avertissement. Un carillon (correspondant à l'avertisseur de vitesse excessive volets sortis) s'est répété en boucle pendant environ 3,5 secondes.

---

<sup>13</sup> L'*Aircraft Operating Manual A319* (manuel d'exploitation de l'aéronef ou MUA) d'Air Canada Rouge stipule une vitesse anémométrique maximale de 200 nœuds avec les volets au cran 2, et de 185 nœuds avec les volets au cran 3.

À 14 h 27 min 29 s, l'équipage de conduite a changé le FPA sur le FCU de 0° à 3,2°. Par conséquent, les modes latéral et vertical du FMA sont revenus à TRK et FPA respectivement, et la commande automatique de poussée est passée du mode THR CLB au mode SPEED.

À 14 h 27 min 32 s, le PS a une fois de plus rentré momentanément les volets au cran 2. Le PC a désactivé la commande automatique de poussée (en appuyant sur le bouton-poussoir de désactivation<sup>14</sup> et en plaçant les manettes de poussée à la position de ralenti). Le PS a informé le PC que les volets étaient au cran 2.

À 14 h 27 min 38 s, le PS a déplacé le levier de commande des volets au cran 3 où il est demeuré jusqu'à l'atterrissage. Le PS a informé le PC de cette sélection des volets. L'aéronef franchissait 1420 pieds en descente à une vitesse anémométrique de 182 nœuds, avec les manettes de poussée au cran ralenti et la commande automatique de poussée désactivée. La vitesse verticale de descente était de 300 pi/min.

À 14 h 27 min 42 s, le PC a annoncé que l'aéronef était trop haut et qu'il procédait à une correction. Il a ensuite ajouté que la commande automatique de poussée était désactivée, ce que le PS n'a pas entendu. L'aéronef a poursuivi son approche, et le taux de descente a augmenté à 1400 pi/min. Durant cette période, l'aéronef descendait et a commencé à converger sur le FPA de 3,2° puis sur le FPA de 2,95° du PAPI. Vers 14 h 28 min 24 s, l'aéronef était aligné sur le PAPI (à 1,9 nm de la piste).

À 14 h 27 min 52 s, le PS a commencé les annonces de la partie des vérifications d'approche finale et d'atterrissage qui concerne la sélection des volets d'atterrissage. Le PS a annoncé « commande automatique de poussée », soit le premier élément à annoncer. Le PC n'a pas immédiatement répondu, mais peu de temps après a engagé un dialogue concernant le FAF et l'altitude d'approche interrompue, ce qui a suspendu les vérifications. Le PC a demandé au PS de composer la trajectoire et l'altitude d'approche interrompue. Les vérifications avant l'atterrissage n'ont pas été achevées. La commande automatique de poussée est demeurée désactivée, et les manettes de poussée sont demeurées au cran ralenti.

Durant l'échange entre le PC et le PS, l'aéronef a poursuivi sa course, de 3,8 nm à 1,9 nm de la piste, est descendu de 1430 pieds à 670 pieds, et a décéléré de 177 nœuds à 160 nœuds. L'aéronef est également descendu jusqu'à l'entrée d'approche finale de 500 pieds d'Air Canada Rouge (100 pieds au-dessus de l'altitude minimale de descente) qui sert de critère d'approche stabilisée. À ce stade, d'après les SOP d'Air Canada Rouge, la vérification d'approche stabilisée doit être achevée. Or, cette vérification n'a pas été faite.

À 14 h 28 min 34 s, alors que l'aéronef se trouvait à 1,5 nm du seuil de la piste, à 500 pieds et à une vitesse anémométrique de 155 nœuds, l'équipage de conduite a confirmé que l'aéronef avait réintégré son profil.

---

<sup>14</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), Supplementary Techniques, Power Plant, 1.03.71, p. 2. Lorsque l'on appuie sur le bouton-poussoir de désactivation (situé sur les manettes de poussée), les moteurs développent immédiatement une poussée correspondant à la position des manettes.

À 14 h 28 min 44 s, le calculateur du système d'alarme de pilotage (FWC) a émis l'alarme sonore « quatre cents ».

À 14 h 28 min 48 s, le PC a fait l'annonce d'approche stable à 500 pieds en ajoutant « plus cent, stable, minimums, piste en vue ». L'aéronef se trouvait à environ 1 nm de la piste, à 370 pieds, à une vitesse anémométrique de 146 nœuds ( $V_{APP}$  plus 12 nœuds). La poussée des moteurs était au ralenti, et la commande automatique de poussée était désactivée. À ce stade, l'aéronef ne satisfaisait pas aux critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge, car sa vitesse anémométrique était trop élevée, la poussée était réglée au ralenti, et la liste de vérification pour l'atterrissage était incomplète. Nous expliquerons davantage les critères d'approche stabilisée plus loin dans le présent rapport.

À 14 h 29 min 5 s, les membres de l'équipage de conduite ont confirmé entre eux qu'ils avaient l'autorisation d'atterrir. L'aéronef se trouvait à environ 0,5 nm du seuil de la piste; la vitesse anémométrique diminuait à 134 nœuds ( $V_{APP}$ ). L'aéronef franchissait en descente environ 200 pieds au-dessus du sol (agl) dans une assiette longitudinale de  $5,6^\circ$  en cabré, avec la poussée moteur au ralenti; le taux de descente était de 570 pi/min. À 14 h 29 min 13 s, le FWC a émis l'alarme sonore « cent ».

À 14 h 29 min 15 s, à environ 0,2 nm du seuil de la piste, le PC a exercé une sollicitation de cabré sur le manche latéral, ce qui correspond à l'arrondi d'atterrissage, alors que l'aéronef franchissait 80 pieds agl en descente. La vitesse anémométrique était alors de 123 nœuds (11 nœuds sous la  $V_{APP}$ ), le taux de descente était d'environ 650 pi/min, et l'angle d'attaque vrai calculé était d'environ  $9,9^\circ$ . La technique normale consiste à atteindre une hauteur d'arrondi de 30 pieds à  $V_{APP}$  dans un état stabilisé, et d'amorcer un arrondi progressif tout en coupant la poussée de manière à ce que celle-ci soit au ralenti avant le poser des roues<sup>15</sup>.

À 14 h 29 min 17 s, le FWC a émis l'alarme sonore « cinquante ».

À 14 h 29 min 18 s, à 40 pieds agl, la vitesse anémométrique diminuait à environ 115 nœuds (19 nœuds sous la  $V_{APP}$ ). L'angle de tangage s'était stabilisé à  $9,8^\circ$  en cabré, le taux de descente était d'environ 860 pi/min, et l'angle d'attaque vrai calculé était d'environ  $13,8^\circ$ . À ce stade, l'aéronef était à bas régime. Le FWC a émis l'alarme « trente », et les manettes de poussée ont été momentanément déplacées à la poussée maximale de décollage (décollage et remise des gaz [TOGA]). Les moteurs ont développé une poussée, qui n'a augmenté que de 4 % avant que l'aéronef se pose.

Durant l'arrondi avec sollicitation maximale de cabré du manche latéral, le tangage en cabré s'est accentué, l'angle d'attaque vrai calculé a atteint un maximum d'environ  $15,3^\circ$  et la position des gouvernes de profondeur a oscillé de  $1^\circ$  à  $5^\circ$  en cabré. Cette séquence concorde avec la protection alpha, l'un des modes du système de protection grand angle d'attaque de l'aéronef. Ce système permet au PC de solliciter le manche latéral complètement vers l'arrière pour obtenir la meilleure portance possible et réduire au minimum le risque de

---

<sup>15</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), Standard Operating Procedures, Normal Landing, 1.04.13, p. 1.

décrochage aérodynamique ou de perte de maîtrise<sup>16</sup>. L'assiette longitudinale a ensuite commencé à diminuer depuis son maximum de 9,8° en cabré avant le poser des roues.

À 14 h 29 min 21 s, l'aéronef a atterri durement, avec un facteur de charge vertical de 3,12g. La vitesse anémométrique était de 108 nœuds, et l'angle de tangage était de 7,7° en cabré. Au poser du train principal, la distance calculée au-delà du seuil décalé<sup>17</sup> était d'environ 125 pieds.

Immédiatement après le poser des roues, le déporteur sol a été sorti, le freinage automatique s'est actionné normalement, et l'équipage de conduite a commandé l'inversion de poussée. L'aéronef a roulé pour dégager la piste sans autre incident.

L'équipage de conduite a signalé l'atterrissage dur, et une inspection initiale de l'aéronef a été faite. Après un examen des données du FDR, le personnel de maintenance d'Air Canada Rouge a inspecté l'aéronef.

## 1.2 Victimes

Tableau 1. Victimes

	Équipage	Passagers	Autres	Total
Tués	–	–	–	–
Blessés graves	–	–	–	–
Blessés légers/indemnes	6	131	–	137
Total	6	131	–	137

## 1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef n'a subi aucun dommage structural ni dommage qui aurait pu nuire à ses caractéristiques de vol. On a toutefois déterminé que les trains d'atterrissage principaux de gauche et de droite avaient été soumis à un dépassement de charge élevée. Par conséquent, on a dû obtenir un permis de vol auprès d'Airbus et de Transports Canada (TC) pour que l'aéronef puisse regagner Miami (Floride) avec le train d'atterrissage sorti. Par précaution, on a remplacé les amortisseurs de gauche et de droite, selon la recommandation d'Airbus.

## 1.4 Autres dommages

Sans objet.

<sup>16</sup> Air Canada A319 Flight Crew Training Manual (29 juillet 2011), Normal Operations, Operational Philosophy, Flight Controls, p. 10.

<sup>17</sup> Un seuil décalé est un seuil de piste qui ne se trouve pas à l'extrémité d'une piste d'atterrissage.

## 1.5 Renseignements sur les pilotes

### 1.5.1 Équipage de conduite

L'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires selon la réglementation en vigueur. Le vol à l'étude était le premier que les membres d'équipage de conduite effectuaient ensemble.

Le PC comptait à son actif environ 10 000 heures de vol au total, y compris 4200 heures à bord de ce type d'aéronef, dont 500 heures comme pilote aux commandes. Il travaillait sur les lignes principales d'Air Canada depuis mars 2006 avant d'être embauché par Air Canada Rouge en octobre 2013 comme commandant de bord d'aéronefs Airbus A319. Il avait reçu une formation initiale de copilote d'aéronefs A319/A320 en 2008, et avait achevé en décembre 2013 la formation de perfectionnement pour devenir commandant de bord.

Le PS comptait à son actif environ 12 000 heures de vol au total, dont 475 heures à bord d'aéronefs Airbus A319/A320, toutes comme copilote. Il travaillait sur les lignes principales d'Air Canada depuis mars 2013 quand il est entré au service d'Air Canada Rouge, en octobre 2013. La formation périodique semestrielle du PS avait eu lieu en octobre 2013.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

### 1.6.1 Généralités

Tableau 2. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Airbus Industrie
Type et modèle	Airbus A319-114
Année de construction	1997
Numéro de série	0697
Immatriculé au nom de	Air Canada Rouge LP
Type de moteur (nombre de moteurs)	CFM International CFM56-5A5 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	154 300 livres
Nombre de sièges de passagers	136
Pays de fabrication	France

Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. Rien n'indique que l'aéronef ait connu un type quelconque de défaillance en vol.

### 1.6.2 Commande automatique de poussée

La poussée des moteurs de l'Airbus se contrôle par des manettes dans la console qui actionnent la commande automatique de poussée. Chaque manette compte 5 crans<sup>18</sup>. Aussi longtemps que l'équipage de conduite ne les déplace pas, ces manettes demeurent aux crans sélectionnés; elles ne se déplacent pas comme suite à des variations dans la poussée des moteurs. Lorsque le système de commande automatique de poussée est actionné, A/THR s'affiche en blanc sur le FMA.

Ce système commande la poussée lorsqu'il est activé; lorsqu'il est désactivé, le pilote commande manuellement la poussée. Comme l'explique le manuel d'utilisation d'aéronef (AOM) d'Air Canada Rouge [traduction] « Lorsque A/THR est désactivé, la commande de poussée entre l'inversion complète [...] et la poussée maximale de décollage ou la poussée de remise des gaz est entièrement conventionnelle. L'angle de manette des gaz (TLA) détermine la poussée demandée<sup>19</sup>. »

Lorsque la commande automatique de poussée est embrayée en mode THRUST (par ex. CLB ou IDLE), elle maintient un niveau spécifique de poussée. En mode SPEED/MACH, [traduction] « le système de commande automatique de poussée varie la poussée de manière à maintenir la vitesse désirée, alors que l'AP/FD (pilote automatique/directeur de vol) guide l'aéronef selon une trajectoire donnée (p. ex. modes V/S [vitesse verticale], ALT [altitude], G/S [alignement de descente])<sup>20</sup>. »

[traduction]

Le système de commande automatique de poussée se désactive :

- en cas de défaillance du système A/THR, ou
- lorsque l'on appuie sur le bouton-poussoir A/THR du FCU, ou
- lorsque l'on appuie sur le bouton-poussoir de désactivation de la ou des manettes de poussée, ou
- lorsque l'on place les deux manettes de poussée au cran IDLE<sup>21</sup>.

### 1.6.3 Avertissements/indications du système de commande automatique de poussée

On peut surveiller le système de commande automatique de poussée à l'écran principal de vol (PFD) [traduction] « en vérifiant le mode actif sur le FMA, la vitesse réelle par rapport à la vitesse désirée, et le vecteur tendance vitesse sur l'échelle de vitesse<sup>22</sup>. » On peut

<sup>18</sup> Les 5 crans sont les suivants : poussée maximale de décollage (TOGA), poussée maximale continue (FLX MCT), poussée maximale de montée (CL), poussée de ralenti (IDLE), et inversion de poussée maximale (MAX REV).

<sup>19</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), Supplementary Techniques, Power Plant, 1.03.71, p. 1.

<sup>20</sup> *Ibid.*, Standard Operating Procedures, 1.04.00, p. 5.

<sup>21</sup> *Ibid.*, Supplementary Techniques, Power Plant, 1.03.71, p. 2.

<sup>22</sup> *Ibid.*, Standard Operating Procedures, 1.04.00, p. 5.

également le surveiller sur le moniteur électronique centralisé de bord (ECAM) [traduction] « en vérifiant les symboles de commande de poussée de l'indicateur de poussée moteur<sup>23</sup>. »

D'après le manuel de maintenance<sup>24</sup> d'Airbus Industrie, lorsque l'on désactive le système de commande automatique de poussée, les indications ou avertissements suivants s'affichent [traduction] :

- témoin lumineux MASTER CAUTION brille en jaune à l'écran anti-éblouissement (s'éteint après 3 secondes)
- message A/THR OFF en jaune dans la zone « memo » de l'affichage supérieur du système ECAM (désactiver au moyen du bouton-poussoir de désactivation) (message supprimé après 9 secondes)
- message AUTO FLT - A/THR OFF en jaune dans la zone d'avertissement de l'affichage ECAM (désactiver par autre moyen que le bouton-poussoir de désactivation)
- Avertissement sonore (avertissement simple)

#### 1.6.4 Avertissement de bas régime

Le niveau d'énergie d'un aéronef est fonction des principaux paramètres de vol suivants :

- la vitesse anémométrique et sa tendance;
- l'altitude, la vitesse verticale ou l'angle de trajectoire de vol;
- la traînée aérodynamique (causée par les aérofreins, les becs/volets et le train d'atterrissage); et
- la poussée.

L'A319 est muni d'un avertissement sonore de bas régime. [Traduction] « Le message 'SPEED SPEED SPEED' [VITESSE VITESSE VITESSE] retentit toutes les 5 secondes chaque fois que le régime de l'aéronef franchit un seuil sous lequel on doit augmenter la poussée<sup>25</sup>. » D'après l'AOM, l'équipage de conduite doit alors [traduction] « [A]ugmenter la poussée jusqu'à ce que l'avertissement cesse et, selon les circonstances, ajuster l'inclinaison longitudinale en conséquence<sup>26</sup>. » Cet avertissement retentit si les volets sont réglés au cran 2 ou plus, mais il se désactive lorsque l'aéronef est sous 100 pieds agl.

#### 1.6.5 Module de commande de vol

Le guide du pilote (*Flight Crew Operating Manual*) de l'Airbus A319 explique en détail le fonctionnement du FCU de cet aéronef. Le FCU est l'interface principale de l'équipage de conduite avec le système de contrôle automatique de vol. Il se trouve dans la partie centrale

---

<sup>23</sup> *Ibid.*

<sup>24</sup> Airbus Industrie, *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), 22-31-00, p. 15-16.

<sup>25</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), Abnormals, Auto Flight, 1.02.22, p. 7.

<sup>26</sup> *Ibid.*

de l'écran anti-éblouissement. Au moyen du FCU, l'équipage de conduite peut modifier temporairement n'importe quel paramètre de vol et même sélectionner des modes opérationnels pour le pilote automatique, le directeur de vol et la commande automatique de poussée. On peut sélectionner des modes de guidage du pilote automatique sur le FCU (figure 3). Le mode sélectionné s'affiche dans la partie FMA du PFD.

Le FCU compte 4 boutons qui permettent de sélectionner (1) la vitesse, (2) le cap / la trajectoire, (3) l'altitude et (4) la vitesse verticale / l'angle de trajectoire de vol. Lorsqu'on appuie sur ces boutons, chacun de ces états passe en mode géré dans lequel le FMGS guide l'aéronef. En tirant sur ces boutons, l'équipage de conduite peut commander chacun de ces états. Ainsi, l'équipage de conduite peut annuler n'importe quel état du guidage géré en sélectionnant la vitesse désirée, le cap / la trajectoire, l'altitude ou la vitesse verticale / l'angle de trajectoire de vol, puis en tirant sur le bouton pour actionner la sélection.

Le sélecteur d'altitude (ALT/SEL) change l'altitude qui s'affiche à l'écran ALT. Lorsque l'altitude sélectionnée est supérieure à l'altitude actuelle de l'aéronef et que l'on tire sur le sélecteur ALT/SEL, le mode change à OP CLB (montée sans restriction). Ainsi, l'aéronef amorcera une montée, et la commande automatique de poussée augmentera la poussée moteur en conséquence. Cette séquence a mené à l'augmentation de poussée survenue à 14 h 27 min 22 s, décrite à la section 1.1.

Lorsqu'on le tourne, le bouton vitesse verticale/angle de trajectoire de vol change les paramètres V/S ou FPA à l'écran V/S, FPA. Lorsque l'on tire sur le bouton, on engage la fonction V/S ou FPA; l'aéronef suit alors la trajectoire verticale sélectionnée. Lorsque l'on pousse sur le bouton, l'aéronef vole en palier à son altitude actuelle.

Figure 3. Module de commande de vol, avec le bouton de sélection d'altitude (deuxième depuis la droite) et le bouton vitesse verticale/angle de trajectoire de vol (extrême droite) (Source : Federal Aviation Administration, Accident Overview, Indian Airlines Flight 605, Airbus A320-231, VT-EPN) [en anglais seulement]



## 1.7 Renseignements météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière de surface pour l'aviation (METAR) pour MKJS émis à 14 h (29 minutes avant l'atterrissage) faisait état des conditions suivantes :

vents du 060° vrai (V) soufflant à 17 nœuds, visibilité de 6 milles terrestres (sm) ou plus, diminuant à 1 sm au sud-ouest à proximité d'averses de pluie, nuages épars à 2000 pieds, cumulus bourgeonnant, et température de 30 °C.

Le METAR émis à 15 h (31 minutes après l'atterrissage) faisait état de vents du 080 °V soufflant à 15 nœuds, visibilité de 6 sm ou plus, diminuant à 3 sm au sud-ouest à proximité d'averses de pluie, quelques nuages à 1800 pieds, quelques nuages à 2000 pieds, cumulus bourgeonnant, et température de 30 °C.

## 1.8 *Aides à la navigation*

L'aéroport MKJS est desservi par les approches suivantes : ILS/DME piste 07, VOR/DME piste 07, RNAV piste 07 et RNAV piste 25. Au moment de l'événement, l'approche ILS n'était pas en service, ce qui avait été signalé dans le NOTAM.

## 1.9 *Communications*

L'équipage de conduite a communiqué efficacement avec les divers services de l'ATC durant le vol, et le contenu de ces communications n'a eu aucune incidence négative sur l'événement à l'étude. Pour plus d'information sur la communication ATC durant l'approche et sa portée sur la planification et l'interaction entre les membres d'équipage de conduite, consulter les paragraphes 1.1 et 2.0.

## 1.10 *Renseignements sur l'aérodrome*

MKJS compte 1 piste (piste 07/25), d'une longueur hors tout de 8735 pieds et d'une largeur de 151 pieds. L'approche principale (piste 07) comprend un système d'atterrissage aux instruments (ILS). Le seuil de la piste 07 est décalé de 300 pieds. Cette piste suit le cap 068° magnétique, et l'élévation de son seuil est de 7 pieds asl (annexe B).

La piste 07 est munie d'un PAPI de 2,95° pour le guidage vertical. Ce PAPI consiste en 2 ensembles de barres de flanc de 4 feux chacun situés de part et d'autre de la piste.

## 1.11 *Enregistreurs de bord*

L'exploitant de l'aéronef a fourni le fichier de téléchargement du FDR en vue d'une analyse. Il contenait quelque 26,4 heures de données de vol enregistrées, y compris les données relatives au vol en cause et aux 6 vols précédents. L'aéronef était également muni d'un CVR à semi-conducteurs (Honeywell 980-6022-001) d'une capacité d'enregistrement minimale de 120 minutes. On a pu télécharger les données, qui comprenaient des enregistrements audio de bonne qualité des 135 minutes qui ont précédé le poser des roues et des 9 minutes suivantes.

## 1.12 *Renseignements sur les dommages et sur l'impact*

Sans objet.

### *1.13 Renseignements médicaux et pathologiques*

Sans objet.

### *1.14 Incendie*

Sans objet.

### *1.15 Questions relatives à la survie des occupants*

Sans objet.

### *1.16 Essais et recherches*

#### *1.16.1 Rapports de laboratoire du BST*

Le BST a complété les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP093/2014 – Flight Data Recorder Analysis (analyse des données de l'enregistreur de bord)

### *1.17 Renseignements sur l'organisme et sur la gestion*

#### *1.17.1 Généralités*

Air Canada Rouge est une filiale en propriété exclusive d'Air Canada. Ce transporteur est devenu un exploitant assujéti à la sous-partie 705 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) en juin 2013 et a effectué son premier vol commercialisé cette année-là. Il est entièrement intégré dans les réseaux d'Air Canada Express et de grandes lignes d'Air Canada. D'après le Registre d'immatriculation des aéronefs civils canadiens de TC, la compagnie exploite 20 Airbus A319 et 14 Boeing 767.

#### *1.17.2 Formation de l'équipage de conduite*

Air Canada, comme beaucoup de grandes compagnies aériennes, utilise le système de formation « Programme avancé de qualification ». Ce système se démarque des traditionnels contrôles de compétence pilote par des séances de validation des compétences pilotes non pas à la suite de la formation, mais en cours de formation. Toutefois, Air Canada Rouge utilise la méthode traditionnelle, soit un contrôle de compétence pilote après la formation obligatoire.

Malgré leurs différentes méthodes de validation des pilotes en formation, Air Canada Rouge et Air Canada donnent sensiblement la même formation. Les résumés des séances de chaque activité de formation sont identiques pour les deux compagnies aériennes. Les équipages de conduite d'Air Canada et d'Air Canada Rouge reçoivent le même entraînement sur simulateur au système de commande automatique de poussée.

Au moment de l'événement, le plan de cours des membres d'équipage de conduite des 2 compagnies aériennes qui suivaient la formation initiale sur type et la formation périodique comprenait l'entraînement sur simulateur aux approches sans commande automatique de poussée. Comme le cycle de formation périodique à Air Canada Rouge est de 36 mois, les éléments du plan de cours de la formation initiale sont repris à un moment donné au cours des 36 mois.

Le PC avait achevé le premier des 6 modules de formation périodique de la matrice de 36 mois; pour sa part, le PS n'était pas encore tenu de suivre le premier module. Les deux calendriers de formation étaient conformes à la politique de la compagnie et à la réglementation en vigueur.

Lorsque le PC a été promu commandant de bord, il a suivi la formation de perfectionnement de commandant de bord donnée au personnel navigant déjà qualifié comme copilote sur ce type d'aéronef. Ce cours de perfectionnement ne comprend aucun entraînement aux approches sans commande automatique de poussée, et la réglementation n'en exige pas. Le PC avait achevé l'entraînement aux approches sans commande automatique de poussée durant sa formation initiale A319/A320, en 2008.

La gestion des ressources de l'équipage (CRM), y compris la gestion des menaces et des erreurs, fait partie du plan de cours de formation des équipages de conduite d'Air Canada Rouge. En outre, la formation périodique comprend un cours de recyclage sur ce sujet.

Au moment de l'événement, Air Canada Rouge ne donnait aux équipages de conduite aucun entraînement sur simulateur pour reconnaître les approches non stabilisées, et la réglementation n'en exigeait pas.

### 1.17.3 Procédures d'utilisation normalisées d'Air Canada Rouge

Le *Flight Operations Manual* (manuel d'exploitation) d'Air Canada Rouge est l'élément principal du manuel d'exploitation de la compagnie. Le manuel d'exploitation [traduction] « comprend les procédures et politiques d'Air Canada Rouge qui sont conformes aux exigences réglementaires et aux normes internationales pour garantir le niveau le plus élevé de sécurité, d'efficacité et de fiabilité dans toutes [ses] activités<sup>27</sup>. » D'après le manuel d'exploitation d'Air Canada Rouge, [traduction] « À moins qu'un AOM le supplante, le manuel d'exploitation s'applique à toutes les opérations aériennes<sup>28</sup>. » Toujours d'après le manuel d'exploitation, [traduction] « sauf dans les cas où l'équipage de conduite détermine que la sécurité du vol ou des passagers exige un écart aux règles, tous les membres d'équipage de conduite doivent<sup>29</sup> respecter les SOP<sup>30</sup>. »

---

<sup>27</sup> Air Canada Rouge, *Flight Operations Manual* (FOM) (17 février 2014), 1.1 Preface.

<sup>28</sup> *Ibid.*, 1.7.2 Scope.

<sup>29</sup> [Traduction] « Le verbe devoir, dans toutes ses conjugaisons, signifie que l'application des critères est obligatoire. » *Ibid.*, 1.7.7.2 Word Meanings.

<sup>30</sup> *Ibid.*, 6.2 Standard Operating Procedure (SOP) Compliance.

Le manuel d'exploitation décrit ainsi les étapes critiques du vol [traduction] :

Les étapes critiques du vol comprennent tous les mouvements au sol, les vols à moins de 10 000 pieds d'altitude au-dessus de l'aérodrome (AAE) au départ, et les vols depuis le début de descente à l'arrivée. Durant ces étapes critiques de vol, le pilote aux commandes fera respecter la politique sur les étapes critiques du vol comme suit :

1. seules les conversations nécessaires liées aux opérations sont permises;
2. seules les activités liées aux opérations essentielles sont permises;
3. les communications avec des tiers à l'extérieur du poste de pilotage se feront au moyen du casque d'écoute muni d'un microrail, à moins d'exemption de la MEL [liste d'équipement minimal];
4. seules les communications externes liées aux communications opérationnelles essentielles sont permises;
5. l'organiseur électronique de poste de pilotage (OEPP) portable doit être rangé durant toutes les étapes critiques de vol, sauf durant la descente à plus de 10 000 pieds AAE. À moins de 10 000 pieds AAE en vol, on ne doit utiliser l'OEPP que s'il est essentiel à la sécurité du vol<sup>31</sup>.

Selon le manuel d'exploitation [traduction] :

L'exposé d'arrivée et d'approche a pour objet d'améliorer la conscience de la situation et de clarifier les attentes. L'exposé d'arrivée et d'approche est nécessaire pour toutes les approches, y compris les approches visuelles.

Les AOM contiennent des exemples d'exposé d'approche que les équipages de conduite doivent utiliser pour faire les exposés d'arrivée et d'approche. [...]

Après le premier exposé d'approche de chaque cycle de jumelage des pilotes, l'équipage de conduite doit passer en revue la procédure de remise des gaz dès que le PC annonce « Go-around, flaps » [remise des gaz, volets] jusqu'au moment où l'on sélectionne la poussée de montée<sup>32</sup>.

Les exemples d'exposés auxquels fait référence le manuel d'exploitation comportent les exigences minimales d'un exposé d'approche. Ils comprennent les procédures de remise des gaz et les procédures publiées d'approche interrompue.

D'après les SOP d'Air Canada Rouge, le PC doit vérifier la vitesse anémométrique avant tout réglage des volets [traduction] « pour s'assurer que le réglage demandé correspond à la plage des vitesses. Le cas échéant, le PS annonce 'SPEED CHECKED' [vitesse vérifiée], puis règle les volets au cran demandé<sup>33</sup>. » Les SOP spécifient en outre que le PS doit faire l'énoncé verbal [traduction] « après avoir observé que [...] les volets sont bien sortis selon la

<sup>31</sup> *Ibid.*, 7.1.7 Critical Phases of Flight.

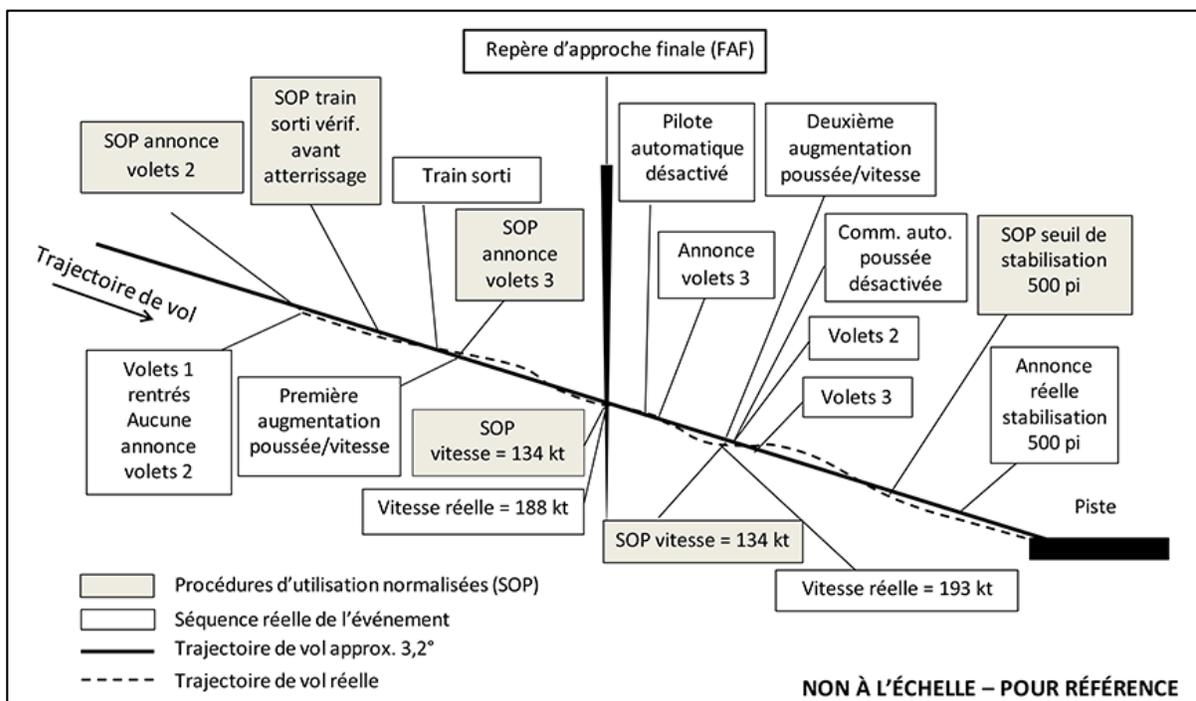
<sup>32</sup> *Ibid.*, 8.9.10.3 Arrival and Approach Briefing.

<sup>33</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), 1.04.11 Standard Operating Procedures, Approach, p. 3.

configuration<sup>34</sup>. » Durant l'approche, dans l'événement à l'étude, les annonces de vitesse requise en fonction du réglage des volets n'ont pas été faites.

Il y a eu plusieurs autres écarts par rapport aux SOP durant l'approche. La figure 4 permet de comparer la séquence réelle des événements durant l'approche aux dispositions des SOP d'Air Canada Rouge concernant la sélection des volets et du train d'atterrissage, les annonces, et les vérifications avant atterrissage durant le segment d'approche finale. L'annexe C brosse un tableau plus complet du déroulement de l'approche. De plus, contrairement aux SOP, l'équipage de conduite n'a ni annoncé ni contre-vérifié plusieurs modifications au FMA.

Figure 4. Séquence réelle des événements comparée aux procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Air Canada Rouge



L'AOM d'Air Canada Rouge précise ce qui suit sur le fonctionnement du pilote automatique et de la commande automatique de poussée [traduction] :

La commande automatique de poussée devrait<sup>35</sup> demeurer en fonction depuis l'altitude de réduction de poussée après le décollage jusqu'avant l'annonce « RETARD » [ramener la manette] durant l'arrondi, à moins de se trouver dans des conditions de fortes turbulences.

<sup>34</sup> *Ibid.*

<sup>35</sup> [Traduction] « "Devrait" veut dire qu'il est fortement recommandé d'appliquer les critères. » Air Canada Rouge, *Flight Operations Manual*, 1.7.7.2 Word Meanings.

Lorsque les conditions de vol et la charge de travail le permettent, il est préférable de piloter manuellement l'aéronef et d'utiliser la commande manuelle de poussée<sup>36</sup>.

Le PC doit annoncer toutes les modifications actives du FMA [encadrées], depuis le début de la course au décollage jusqu'au moment de l'annonce « LANDING » (atterrissage). Le PS doit contre-vérifier toutes les annonces relatives au FMA sur le PFD<sup>37</sup>.

L'AOM précise ce qui suit sur la sélection des volets et du train d'atterrissage [traduction] :

L'ordre de sélection des volets et du train d'atterrissage peut<sup>38</sup> varier selon les circonstances. En règle générale, il est souhaitable d'utiliser judicieusement le train d'atterrissage et les volets pour éviter une traînée excessive lors d'une augmentation de la puissance. Les sélections Volets 1, Volets 2 et Train d'atterrissage ont normalement lieu avant le FAF, et la sortie du volet d'atterrissage peut être retardée compte tenu des conditions<sup>39</sup>.

En ce qui concerne les écarts importants, le manuel d'exploitation d'Air Canada Rouge précise ce qui suit [traduction] : « Le PC doit alerter le PS en annonçant 'Glideslope' [alignement de descente], 'Localizer' [alignement de piste] ou 'Airspeed' [vitesse anémométrique] lorsqu'il détecte un écart important durant une approche ou constate un avertissement<sup>40</sup>. »

De plus, l'AOM d'Air Canada Rouge contient les annonces que doit faire tout équipage de conduite en cas d'écart par rapport aux paramètres de vol, qui comprennent les écarts de vitesse anémométrique de plus de 10 nœuds au-dessus de la vitesse désirée, ou de plus de 5 nœuds en deçà de la vitesse désirée, une vitesse verticale supérieure à 1000 pi/min, des angles d'inclinaison supérieurs à 7°, et des assiettes en tangage inférieures à -2,5° ou supérieures à 10°<sup>41</sup>.

#### 1.17.4 Politique d'Air Canada Rouge sur les approches stabilisées

Au moment de l'événement, la politique d'Air Canada Rouge sur les approches stabilisées était légèrement différente de celle que recommande la Flight Safety Foundation (FSF) (rubrique 1.18.2).

<sup>36</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), 1.04.00 Standard Operating Procedures, Use of Autopilot and Autothrust, p. 2.

<sup>37</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), 1.04.00 Standard Operating Procedures, Use of Autopilot and Autothrust, p. 3.

<sup>38</sup> D'après le manuel d'exploitation d'Air Canada Rouge, sous-alinéa 1.7.7.2 Word Meanings, [traduction] « "peut" veut dire que les critères sont facultatifs. »

<sup>39</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), 1.04.11 Standard Operating Procedures, Approach, p. 1.

<sup>40</sup> Air Canada Rouge, *Flight Operations Manual* (17 février 2014), 8.11.3 Monitoring Deviations during Approach.

<sup>41</sup> Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319* (10 mai 2013), 1.04.11 Standard Operating Procedures, Approach, p. 29.

[traduction]

La politique d'approches stabilisées d'Air Canada Rouge se fonde sur un concept d'entrée d'approche finale selon lequel on doit interrompre l'approche d'un vol si elle ne satisfait pas aux critères établis de chaque entrée d'approche. Il y a deux entrées d'approche finale pour chaque approche : la première est le FAF (ou l'équivalent); la seconde est à 500 pieds agl (ou 100 pieds au-dessus des minimums, selon la valeur la plus élevée). Une remise des gaz est obligatoire si l'approche ne satisfait pas aux critères de chaque entrée d'approche finale<sup>42</sup>.

Plusieurs critères recommandés par la FSF ne figurent pas dans les critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge à l'entrée d'approche finale FAF, entre autres la vitesse anémométrique et le taux de descente, la configuration, les réglages de puissance, les exposés et l'achèvement de la liste de vérifications. Les aéronefs devaient satisfaire aux critères recommandés uniquement à l'entrée d'approche à 500 pieds, peu importe les conditions météorologiques.

#### 1.17.5 Critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge : entrée d'approche finale au repère d'approche finale

Le manuel d'exploitation d'Air Canada Rouge décrit ainsi les critères d'approche stabilisée de la compagnie à l'entrée d'approche finale FAF [traduction] :

Aucun vol ne doit poursuivre une approche au-delà de l'entrée d'approche finale FAF, à moins que l'aéronef ne soit piloté de manière à veiller à ce que se réalisent les critères d'approche stabilisée à l'entrée d'approche à 500 pieds.

Les exigences sur la trajectoire s'appliquent aux diverses approches, comme suit :

1. approche de précision – l'aéronef doit s'aligner sur le radiophare d'alignement de piste et le radiophare d'alignement de descente; et
2. approche de non-précision (NPA) – l'aéronef doit être sur la trajectoire en rapprochement et suivre le profil de descente déterminé par la FPA, la vitesse verticale ou le FMS [système de gestion de vol]/FMSG; et
3. approche visuelle publiée – sur la trajectoire de rapprochement et suivant le plus possible une trajectoire de descente de 3° vers la piste, tout en suivant le guidage vertical, s'il y a lieu, ou les indicateurs visuels de pente d'approche (c.-à-d. PAPI, VASIS [indicateur visuel de pente d'approche] ou HGS [collimateur de pilotage]); et
4. autres approches visuelles – s'aligner sur l'axe de piste prolongé en suivant le plus possible une trajectoire de descente de 3° vers la piste en utilisant les indicateurs visuels de pente d'approche (PAPI, VASIS ou HGS), le cas échéant.

En l'absence d'un FAF (ou l'équivalent) et lorsqu'ils effectuent une transition au vol à vue ou une manœuvre de vol à vue au cours d'une approche aux

<sup>42</sup> Air Canada Rouge, *Flight Operations Manual* (17 février 2014), 8.11.6 Stabilized Approach Criteria.

instruments, les équipages de conduite doivent utiliser l'altitude de 1000 pieds agl comme entrée d'approche finale FAF<sup>43</sup>.

#### 1.17.6 Critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge : entrée d'approche finale à 500 pieds

Le manuel d'exploitation d'Air Canada Rouge décrivait ainsi les critères d'approche stabilisée de la compagnie à l'entrée d'approche finale à 500 pieds [traduction] :

Aucun vol ne doit poursuivre une approche au-delà de l'entrée d'approche finale à 500 pieds (ou 100 pieds au-dessus des minimums, selon la valeur la plus élevée), à moins qu'il ne satisfasse aux critères d'approche stabilisée suivants :

1. les volets et le train d'atterrissage sont en configuration d'atterrissage; et
2. la liste de vérification pour l'atterrissage est achevée; et
3. la vitesse indiquée est dans une plage de 10 nœuds au-dessus et 5 nœuds en deçà de la vitesse désirée (Airbus - la vitesse désirée est Ground Speed Mini [vitesse sol minimale] lorsqu'activée); et
4. la poussée est stabilisée (habituellement supérieure au ralenti) pour maintenir la vitesse d'approche désirée sur la trajectoire de vol souhaitée; et
5. l'alignement est sur la bonne trajectoire d'approche verticale et, s'il y a lieu, demeure en deçà d'une demi-déviaton de l'indicateur d'écart de route utilisé pour une approche aux instruments; dans le cas d'une approche visuelle, l'alignement est sur la bonne pente d'approche indiquée par les indicateurs visuels de pente d'approche (c.-à-d. VASIS, PAPI ou HGS); et
6. le taux de descente ne dépasse pas 1000 pi/min, à moins que ce ne soit nécessaire pour maintenir la trajectoire de descente constante publiée (p. ex. alignement de descente, VASIS, taux de descente calculés, etc.). Si une approche exige un taux de descente supérieur à 1000 pi/min, il faut faire un exposé spécial; et
7. l'alignement est sur la bonne trajectoire d'approche latérale et, s'il y a lieu, demeure en deçà d'une demi-déviaton de l'indicateur d'écart de route pour les approches VOR et au radiophare d'alignement de piste, et en deçà de 5 degrés de la trajectoire pour les approches par NDB [radiophare non directionnel]<sup>44</sup>.

#### 1.17.7 Critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge : sous les 500 pieds

Le manuel d'exploitation d'Air Canada Rouge décrit ainsi les critères d'approche stabilisée de la compagnie sous les 500 pieds [traduction] :

L'aéronef doit continuer de satisfaire aux critères d'approche stabilisée sous les 500 pieds et se trouver en position au-dessus du seuil de piste pour atterrir normalement dans la zone de poser. Le PS doit surveiller les indications des

<sup>43</sup> Air Canada Rouge, *Flight Operations Manual* (17 février 2014), 8.11.6.1 FAF Arrival Gate.

<sup>44</sup> Air Canada Rouge, *Flight Operations Manual* (17 février 2014), 8.11.6.2500Foot Arrival Gate.

instruments de vol pour vérifier la conformité aux critères d'approche stabilisée jusqu'au poser. Au cas où l'on ne respecterait pas ces critères à 500 pieds agl ou en deçà, on doit faire l'annonce « non stabilisé », même si l'annonce « stabilisé » a été faite plus tôt. Une remise des gaz est obligatoire chaque fois que l'on fait l'annonce « Non stabilisé »<sup>45</sup>.

D'après les critères d'approche stabilisée d'Air Canada Rouge, l'aéronef était stabilisé à l'entrée d'approche finale FAF. Toutefois, sa vitesse anémométrique était supérieure de 54 nœuds à la  $V_{APP}$ , et les volets n'étaient pas configurés conformément aux SOP d'Air Canada Rouge. L'aéronef n'était pas stabilisé à l'entrée d'approche finale à 500 pieds (en réalité 710 pieds, conformément aux SOP) étant donné sa vitesse excessive, ses écarts par rapport à la vitesse verticale, sa liste de vérification pour l'atterrissage non achevée, et sa poussée non stabilisée.

#### 1.17.8 Système de gestion de la sécurité et suivi des données de vol

Air Canada Rouge a mis en place un système de gestion de la sécurité (SGS) [traduction] « conformément à la documentation d'orientation de TC, au RAC et aux normes et pratiques recommandées de l'International Operational Safety Audit (IOSA) de l'IATA [Association du transport aérien international]<sup>46</sup>. »

Conformément aux politiques et pratiques normales de SGS d'Air Canada Rouge, la compagnie a adopté une politique de signalement non punitive. [Traduction] « Il incombe à tous les employés de signaler les dangers, les incidents et les accidents qui ont une incidence sur la sécurité opérationnelle et l'intégrité d'Air Canada Rouge<sup>47</sup>. »

Les équipages de conduite utilisent des rapports de sécurité aérienne (ASR) pour signaler les incidents et dangers. Ces rapports [traduction] « sont anonymisés et accessibles aux membres de tous les niveaux de direction qui doivent régulièrement examiner et suivre l'avancement des analyses et enquêtes, et faire des commentaires et des observations<sup>48</sup>. »

Le programme de sécurité d'Air Canada Rouge comprend des événements à déclaration obligatoire, entre autres les approches non stabilisées et les remises des gaz. Les équipages de conduite sont tenus de produire un ASR pour tout événement à déclaration obligatoire. Un examen de la base de données ASR a révélé que les équipages de conduite avaient signalé des cas d'approches non stabilisées et de remise des gaz, comme l'exige le SGS.

Outre son SGS, Air Canada Rouge utilise également le suivi des données de vol (FDM) et l'analyse des données de vol dans le cadre de son programme de sécurité. Depuis l'enregistreur à accès rapide des aéronefs, on télécharge à intervalles prévus d'heures de vol les données provenant de vols réguliers. On analyse ensuite ces données pour y déceler des

<sup>45</sup> *Ibid.*, 8.11.6.3 Stable Approach Criteria Below 500 feet.

<sup>46</sup> *Ibid.*, 2.1 Safety Management System.

<sup>47</sup> *Ibid.*, 2.5 Reporting of Hazards, Incidents, and Accidents.

<sup>48</sup> *Ibid.*, 2.5.1 Air Safety Report (ASR).

paramètres de vol et des ensembles de données particuliers et prédéterminés, dont ceux liés aux approches non stabilisées.

Air Canada Rouge consigne le taux d'approches non stabilisées au moyen de son système FDM, et en rapporte les détails tous les mois dans un bulletin à diffusion interne. La compagnie partage ces données avec Air Canada afin de cerner les enjeux communs aux deux transporteurs aériens et de prendre des mesures correctives.

## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Approches non stabilisées

Comme l'ont établi des enquêtes précédentes du BST et d'organismes dans d'autres pays, les approches non stabilisées posent un risque élevé aux opérations aériennes. Même si les transporteurs aériens ont à leur disposition certaines mesures de protection<sup>49</sup> pour atténuer les risques liés aux approches non stabilisées, ce ne sont pas tous les exploitants qui les emploient toutes. Ces mesures de protection, en grande partie administratives, comprennent :

- une politique d'entreprise à l'égard des approches stabilisées, qui comprend une politique de remise des gaz sans égard à la faute;
- des critères d'approche stabilisée et des procédures d'utilisation normalisées (SOP) mis en pratique dans les opérations, incluant la phraséologie de l'équipage;
- une gestion efficace des ressources en équipe (CRM), y compris l'habilitation des premiers officiers à prendre les commandes dans une situation non sécuritaire;
- le recours à des programmes de suivi des données de vol (FDM) pour surveiller la conformité des SOP aux critères d'approche stabilisée;
- le recours aux audits de sécurité en service de ligne (LOSA) ou à d'autres moyens, comme les contrôles des compétences et les vérifications en route, pour évaluer les pratiques de CRM et déterminer les adaptations aux SOP employées par les équipages;
- des systèmes de signalement non punitif (pour signaler les événements ou les pratiques non sécuritaires);
- l'utilisation de systèmes d'avertissement et d'alarme d'impact (TAWS)<sup>50</sup>.

Des recherches menées par la FSF ont permis de conclure<sup>51</sup> que de 3,5 % à 4 % des approches ne sont pas stabilisées. De celles-ci, 97 % se poursuivent jusqu'à l'atterrissage, tandis que

<sup>49</sup> Flight Safety Foundation, Approach-and-Landing Accident Reduction (ALAR) Task Force, *FSF ALAR Tool Kit* (2009), Briefing Note 7.1, Stabilized Approach.

<sup>50</sup> Rapport d'enquête aéronautique A11H0002 du BST (20 août 2011), section 4.2 : Mesures de sécurité à prendre.

seulement 3 % donnent lieu à une remise des gaz. La mise en contexte de ces chiffres explique bien ce calcul : en 2012, le parc aérien mondial d'avions à réaction commerciaux pour l'aviation civile (de masse supérieure à 60 000 livres) construits en Occident a effectué 24,4 millions de vols. C'est-à-dire que de 854 000 à 976 000 de ces vols se sont terminés par une approche non stabilisée et qu'environ de 828 000 à 945 000 de ceux-ci se sont poursuivis jusqu'à l'atterrissage. Les conséquences négatives potentielles de la poursuite d'une approche non stabilisée jusqu'à l'atterrissage sont notamment les impacts sans perte de contrôle (CFIT), les sorties en bout de piste, les atterrissages avant la piste et les contacts queue-sol.

La FSF a déterminé que, de 1984 à 1997, l'exécution d'une approche entamée trop haut ou trop rapidement ou trop bas ou trop lentement était un facteur de causalité dans près des deux tiers des accidents et incidents à l'approche et à l'atterrissage, et ce, à l'échelle mondiale<sup>52</sup>. De plus, elle a conclu que certaines difficultés de manœuvrabilité en vol (p. ex., la gestion par l'équipage de conduite de la vitesse, de l'altitude et du taux de descente) étaient un facteur de causalité dans près de la moitié des événements analysés (ces événements comprenant des cas de mauvaise utilisation de l'automatisation)<sup>53</sup>.

Le numéro d'avril 2013 du magazine *Aero Safety World* rapporte les résultats d'une étude sur les expériences de pilotes exécutant des approches non stabilisées et des remises de gaz<sup>54</sup>. On a demandé à plus de 2000 pilotes de relater en détail les approches non stabilisées sous l'altitude minimale d'approche stabilisée qu'ils avaient effectuées récemment et qui se sont soldées par une remise des gaz ou qu'ils ont poursuivies jusqu'à l'atterrissage. L'étude a permis d'établir que la décision de poursuivre une approche non stabilisée était liée à la perception d'un niveau de risque associé moindre lorsqu'on persiste avec cette approche.

En particulier, l'étude a permis d'établir que les pilotes étaient plus susceptibles de poursuivre une approche non stabilisée dans des conditions météorologiques de vol à vue et en l'absence de facteurs environnementaux (p. ex. cisaillement du vent, turbulences, pistes contaminées) pouvant accroître la complexité des opérations. Les auteurs suggèrent que ces facteurs confortent le pilote dans sa perception qu'une approche peut être récupérée et réduisent ainsi sa perception du risque. Il ressort également de l'étude que la fréquence des approches non stabilisées poursuivies jusqu'à l'atterrissage était plus faible dans le cas des équipages dont les membres sont décrits comme étant solidaires, moins enclins à critiquer et

---

<sup>51</sup> Flight Safety Foundation, « Failure to Mitigate », *Aero Safety World* (février 2013). En ligne : <https://flightsafety.org/asw-article/failure-to-mitigate/> (dernière consultation le 9 novembre 2016).

<sup>52</sup> Flight Safety Foundation, « Killers in Aviation: FSF Task Force Presents Facts About Approach-and-landing and Controlled-flight-into-terrain Accidents », *Flight Safety Digest*, n° 17 (novembre et décembre 1998) et n° 18 (janvier et février 1999), p. 1-121.

<sup>53</sup> *Ibid.*

<sup>54</sup> J.M. Smith, D.W. Jamieson et W.F. Curtis, « Why do we forgo the go-around? », *Aero Safety World* (Avril 2013). En ligne : <https://flightsafety.org/asw-article/why-do-we-forgo-the-go-around/> (dernière consultation le 9 novembre 2016).

plus disposés à accepter les défis, et discutent plus souvent des risques reliés aux opérations et au vol.

De nombreuses enquêtes du BST<sup>55</sup> ont révélé que la non-conformité aux SOP de l'entreprise sur les approches stabilisées n'est pas unique à Air Canada Rouge.

### 1.18.2 Recommandations quant aux caractéristiques d'une approche stabilisée

Conformément aux recommandations de son groupe de travail sur la réduction des accidents à l'approche et à l'atterrissage (Approach and Landing Accident Reduction - ALAR) la FSF a créé et distribué une trousse sur l'ALAR visant à réduire le nombre d'accidents durant l'approche et l'atterrissage. La note d'information 7.1 de cette trousse, intitulée « Stabilized Approach », définit ce qu'est l'approche stabilisée et prescrit notamment l'altitude minimale à laquelle une approche devrait être stabilisée, ainsi que toutes les caractéristiques d'une approche stabilisée.

Comme elle précise les écarts à ne pas dépasser pour les éléments d'approche, ainsi qu'une valeur limite pour l'altitude de stabilisation, la trousse fournit aux pilotes (PC et PS) un point de référence commun, ce qui réduit la possibilité d'ambiguïté. Dans un tel contexte, les écarts sont détectés plus rapidement, et les annonces sont plus rapides et plus précises.

Plusieurs compagnies aériennes au Canada ont adopté les recommandations de la FSF, qui sont désormais la norme reconnue d'approche stabilisée. D'après la FSF [traduction] :

Tout appareil doit être stabilisé avant d'atteindre une hauteur de 1000 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC), et une hauteur de 500 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC). On considère qu'une approche est stabilisée lorsqu'elle répond à tous les critères suivants :

1. l'aéronef se trouve sur la bonne trajectoire de vol;
2. seules des rectifications mineures au cap ou au tangage sont requises pour maintenir la bonne trajectoire de vol;
3. la vitesse indiquée de l'aéronef n'est pas supérieure à  $V_{REF}^{56} + 20$  kt [nœuds] et non inférieure à  $V_{REF}$ ;
4. l'aéronef présente la bonne configuration d'atterrissage;
5. la vitesse verticale de descente n'est pas supérieure à 1000 pi/min; si une approche exige une vitesse verticale de descente supérieure à 1000 pi/min, des instructions spéciales devraient être communiquées;

<sup>55</sup> Rapports d'enquête aéronautique du BST A07Q0213, A11H0002, A11O0098, A12P0034, A12Q0216, A13O0098 et A14W0127.

<sup>56</sup>  $V_{REF}$  est la vitesse de référence d'une approche finale normale. Air Canada Rouge, *Aircraft Operating Manual A319*, Volume 1 (10 mai 2013), Performance, section 1.05.00, p. 5.

6. le réglage de puissance de l'aéronef est approprié en fonction de sa configuration et ne se trouve pas en deçà de la puissance minimale d'approche définie dans le manuel d'utilisation de l'aéronef;
7. tous les exposés ont été donnés, et tous les éléments des listes de vérifications ont été effectués;
8. certains types particuliers d'approches sont considérés comme étant stabilisés s'ils respectent également les exigences suivantes : les approches de système d'atterrissage aux instruments (ILS) doivent être à moins d'un point d'écart par rapport à la trajectoire de descente et à la trajectoire d'alignement; une approche ILS de catégorie II ou de catégorie III doit s'effectuer à l'intérieur de la bande d'index d'écart d'alignement de piste; durant une approche indirecte, en approche finale, les ailes de l'aéronef doivent être à l'horizontale lorsque celui-ci arrive à 300 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport;
9. des procédures d'approche uniques en leur genre ou des conditions météorologiques anormales qui exigent une dérogation par rapport aux éléments d'approche stabilisée ci-dessus requièrent aussi des exposés spéciaux.

Une approche qui devient non stabilisée à une hauteur inférieure à 1000 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport dans des conditions IMC, ou une hauteur inférieure à 500 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport dans des conditions VMC, exige une remise immédiate des gaz<sup>57</sup>.

Le comité consultatif international de la FSF (International Advisory Committee) a achevé une étude récente sur les approches stabilisées et les pratiques exemplaires du secteur de l'aviation. C'est pourquoi la FSF examine actuellement ses recommandations et pourrait y apporter des modifications.

### 1.18.3 Réglementation sur la formation

Le paragraphe 705.124(1) du RAC exige ceci :

- L'exploitant aérien doit établir et maintenir un programme de formation qui :
- a) a pour objet de permettre aux personnes qui reçoivent la formation d'acquérir la compétence pour exercer les fonctions qui leur sont assignées;
  - b) est approuvé par le ministre conformément aux *Normes de service aérien commercial* [...] <sup>58</sup>.

D'après le sous-alinéa 725.124(9)b)(ii) des *Normes de service aérien commercial* (NSAC) :

Lorsque l'exploitant aérien demande une autorisation de vol en IMC, il doit inclure les sujets de formation suivants sur la planification des vols et les procédures de vol aux instruments :

<sup>57</sup> Flight Safety Foundation, Approach-and-Landing Accident Reduction (ALAR) Task Force, *FSF ALAR Tool Kit* (2009), Briefing Note 7.1, Stabilized Approach.

<sup>58</sup> Paragraphe 705.124(1) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

[...]

(ii) tous les types d'approches aux instruments et d'approches interrompues dans des conditions de visibilité minimales en se servant de tous les niveaux d'automatisation disponibles (s'il y a lieu)<sup>59</sup>.

D'après le sous-alinéa 725.124(8A)c(i) des NSAC :

Formation annuelle à l'intention des membres d'équipage de conduite : la formation sur entraîneur synthétique de vol ou sur avion doit répondre aux exigences suivantes :

[...]

(i) toutes les conditions relatives au programme de formation initiale seront remplies dans une période de temps déterminée (en fonction d'un cycle).

#### 1.18.4 Recommandation A14-01 du BST (25 mars 2014)

Le 20 août 2011, un aéronef mixte Boeing 737-210C (immatriculé C-GNWN, numéro de série 21067), exploité par Bradley Air Services Limited sous l'appellation commerciale First Air, a effectué le vol d'affrètement 6560 de First Air, de Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest) à Resolute Bay (Nunavut). À 16 h 42, temps universel coordonné (11 h 42, heure avancée du Centre), pendant l'approche vers la piste 35T, le vol 6560 de First Air a percuté une colline à environ 1 nm à l'est de la piste. L'aéronef a été détruit sous la force de l'impact et pendant l'incendie qui s'est ensuivi. Huit passagers et les 4 membres d'équipage ont été mortellement blessés. Les 3 autres passagers ont été grièvement blessés et ont été secourus par du personnel des Forces canadiennes qui se trouvait à Resolute Bay dans le cadre d'un exercice militaire. L'accident est survenu en plein jour.

Le BST a conclu son enquête et a publié le rapport d'enquête aéronautique A11H0002 le 25 mars 2014.

Dans cet accident, l'avion est arrivé à une altitude et à une vitesse excessives en approche finale, n'était pas configuré en vue de l'atterrissage au moment opportun, n'avait pas intercepté le faisceau d'alignement de piste et dérivait vers la droite. Cette approche n'était pas considérée comme étant stabilisée selon les critères d'approche stabilisée de l'entreprise, et la situation exigeait une remise des gaz. Au lieu de cela, l'approche s'est poursuivie. Lorsque l'équipage a amorcé une remise des gaz, il était trop tard pour éviter l'impact avec le relief. Les approches non stabilisées continuent de présenter un risque élevé pour la sécurité aérienne au Canada et à l'échelle mondiale.

Lorsqu'une approche non stabilisée est un facteur contributif d'un événement, la gravité des conséquences qu'elle entraîne peut varier, de l'absence de blessures et de dommages à de nombreux décès et à la destruction de l'aéronef. Dans l'accident à Resolute Bay, la poursuite d'une approche non stabilisée a entraîné un accident de CFIT et la perte de 12 vies. Si on n'améliore pas la conformité aux politiques sur les approches stabilisées, la plupart des

<sup>59</sup> Normes de service aérien commercial (NSAC), 725.124(9)b(ii).

approches non stabilisées se poursuivront jusqu'à l'atterrissage, augmentant le risque de CFIT et d'accidents à l'approche et à l'atterrissage.

Les mesures de protection actuelles contre la poursuite des approches non stabilisées se sont révélées inadéquates. Au Canada, quoique de nombreux exploitants régis par la sous-partie 705 du RAC ont volontairement mis en œuvre des programmes de FDM, rien ne les oblige à le faire. First Air n'assurait pas le suivi des FDM au moment de l'accident à Resolute Bay. De plus, les programmes de FDM doivent examiner spécifiquement les points suivants : les causes sous-jacentes à la production d'approches non stabilisées, la façon dont les équipages y réagissent, le respect des équipages des critères et des procédures d'approche stabilisée, et les raisons expliquant pourquoi les équipages continuent une approche non stabilisée jusqu'à l'atterrissage. À moins de prendre d'autres mesures pour réduire la fréquence des approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage, le risque d'accident à l'approche et à l'atterrissage persistera.

Par conséquent, le Bureau a recommandé que :

Transports Canada exige que les exploitants régis par la sous-partie 705 du RAC surveillent les approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage et en réduisent la fréquence.

**Recommandation A14-01 du BST**

Dans sa réponse initiale, TC a signalé qu'une Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) avait été rédigée afin d'encourager les exploitants régis par la sous-partie 705 à utiliser leur système de gestion de la sécurité (SGS) pour déterminer la fréquence des approches non stabilisées et préciser des mesures d'atténuation du risque qu'elles posent.

Le 27 juin 2014, TC a publié l'ASAC 2014-03. Le contenu de l'ASAC tient compte de l'information proposée dans la lettre de réponse de TC datée du 19 juin 2014. De plus, l'ASAC souligne la valeur des programmes volontaires de suivi des FDM.

Par la suite, TC a :

1. publié un bulletin Sécurité aérienne – Nouvelles qui offrait de l'information de sensibilisation à la sécurité concernant les approches non stabilisées;
2. publié un Bulletin interne de procédure (BIP) (2016-01) selon lequel les inspections ciblées doivent contrôler la mise en œuvre de l'ASAC 2014-03 chez les exploitants assujettis à la sous-partie 705. Plus précisément, on doit analyser l'évaluation qu'effectue chaque exploitant des approches non stabilisées à l'aide de son SGS et, le cas échéant, évaluer les mesures d'atténuation des risques mises en place, ainsi que la portée, le type et la fréquence des interventions liées aux approches non stabilisées;
3. préparé une présentation de promotion de la sécurité sur les approches non stabilisées pour sensibiliser le secteur à cet enjeu.

La campagne d'inspections devait être terminée à la fin de l'été 2016.

TC a recueilli les données nécessaires à ses activités de surveillance de tous les exploitants assujettis à la sous-partie 705. Une analyse subséquente en cours des données relatives au BIP 2016-01 permettra à TC de valider l'impact de l'ASAC 2014-03.

Le BST se réjouit à la perspective de consulter l'analyse de TC : celle-ci lui permettra d'obtenir une meilleure compréhension des mesures que les compagnies aériennes ont mises en œuvre et de déterminer si elles atténuent efficacement la lacune de sécurité sous-jacente ciblée par la recommandation A14-01.

De plus, les initiatives de promotion de la sécurité en cours de TC liées aux approches non stabilisées contribueront à maintenir la sensibilisation au sein du secteur.

Par conséquent, la réponse à la recommandation A14-01 a été jugée en partie satisfaisante.

#### 1.18.5 Liste de surveillance du BST

Les approches non stabilisées sont l'un des enjeux de la Liste de surveillance 2016.

La Liste de surveillance du BST énumère les enjeux qui font courir les plus grands risques au système de transport du Canada; le BST publie cette liste pour attirer l'attention de l'industrie et des organismes de réglementation sur les problèmes qui nécessitent une intervention immédiate. Bien que l'événement à l'étude se soit produit à l'étranger, l'exploitant en cause était canadien, et l'aéronef était piloté par un équipage canadien : l'un et l'autre sont assujettis à la réglementation et aux politiques canadiennes.

Comme le montre l'événement à l'étude, des accidents à l'atterrissage continuent de se produire. Le BST a demandé à TC et aux exploitants de prendre des mesures additionnelles pour réduire le nombre d'approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage.

#### 1.18.6 Interaction humaine avec les systèmes automatisés

L'interaction entre les pilotes et les systèmes automatisés demeure un facteur clé dans la sécurité de vol<sup>60</sup>. D'après la note d'information 1.2 intitulée « Automation » de la trousse sur l'ALAR de FSF [traduction] :

Pour exploiter tout le potentiel de l'automatisation et maintenir la conscience de la situation, il est essentiel de bien comprendre l'interaction entre le pilote et les systèmes automatisés, afin que le pilote puisse répondre aux questions suivantes en tout temps :

Qu'est-ce que j'ai commandé à l'aéronef de faire?

L'aéronef obéit-il à mes commandes?

Qu'est-ce que j'ai prévu que l'aéronef ferait ensuite?

<sup>60</sup> Flight Safety Foundation, Approach-and-Landing Accident Reduction (ALAR) Task Force, *FSF ALAR Tool Kit* (2009), Briefing Note 1.2, Stabilized Approach.

(Les verbes « commander » et « prévoir » dans les phrases qui précèdent veulent dire armer ou sélectionner des modes et [ou] saisir des cibles.)

[...]

Une surveillance efficace de ces contrôles et affichages favorise chez le pilote une conscience accrue de l'état du système et du guidage possible (pour maintenir la trajectoire de vol et la vitesse anémométrique). Une surveillance efficace des contrôles et affichages permet au pilote de prédire et de devancer la séquence complète des indications de mode de vol durant les étapes successives de vol (c'est-à-dire durant les changements de mode)<sup>61</sup>.

D'après la FSF, toutes sortes de facteurs et d'erreurs peuvent contribuer à de faibles interactions entre le pilote et le système d'automatisation. La note d'information 1.2 donne des exemples de ces facteurs et erreurs, notamment : l'armement d'un mode par inadvertance ou la sélection d'un mauvais mode, la non-vérification du mode armé, la saisie d'une mauvaise cible et la non-confirmation de la cible saisie sur l'affichage, une inquiétude quant à la programmation du FMS durant une étape critique de vol, et la mauvaise compréhension des changements de mode<sup>62</sup>.

Les SOP de compagnies recommandent ou indiquent aux pilotes comment interagir avec le système automatisé spécifique qu'ils utilisent pour piloter. D'après la FSF, pour favoriser l'utilisation optimale de l'automatisation, on doit s'assurer que les pilotes comprennent l'intégration des modes de pilote automatique/directeur de vol et de commande automatique de poussée, toutes les séquences de changement de mode, et l'interface pilote/système. On doit également s'assurer qu'ils sont au courant du système de guidage à leur disposition et qu'ils sont alertes et prêts à retourner à un niveau inférieur d'automatisation ou à piloter manuellement/commander manuellement la poussée, si nécessaire<sup>63</sup>.

#### 1.18.7 Surveillance et stabilité des approches

Dans le document technique intitulé « Checklists and Monitoring in the Cockpit: Why Crucial Defenses Sometimes Fail », MM. Dismukes et Berman définissent la surveillance comme étant [traduction] « la responsabilité des pilotes de suivre : la position, la route et la configuration de l'aéronef, l'état des systèmes de l'aéronef, et les actions d'autres pilotes dans le poste de pilotage<sup>64</sup> ». Les pilotes peuvent considérer la surveillance comme étant une tâche secondaire; toutefois, comme le soulignent les auteurs, la relâche de la surveillance a été un facteur dans de nombreux accidents aéronautiques. Les listes de vérifications, la surveillance et les procédures de base sont autant de mesures de protection contre les menaces et les

---

<sup>61</sup> *Ibid.*

<sup>62</sup> *Ibid.*

<sup>63</sup> *Ibid.*

<sup>64</sup> R. K. Dismukes et B. Berman, « Checklists and Monitoring in the Cockpit: Why Crucial Defenses Sometimes Fail » (National Aeronautics and Space Administration [NASA], juillet 2010), p. 7.

erreurs. Toutefois, précisent les auteurs, « il arrive que ces mesures de protection échouent<sup>65</sup> ».

Dans leur étude des raisons derrière ces échecs, les auteurs ont constaté que les écarts les plus fréquents des procédures de base comprennent : la configuration d'équipement et de systèmes, la planification en cas d'imprévu ou la réaction à ceux-ci, la coordination entre membres d'équipage, et la saisie ou l'utilisation des données du FMS et du panneau de commande de mode<sup>66</sup>. Par contre, dans la même étude, les chercheurs ont également cerné des aspects exemplaires d'utilisation de listes de vérifications et de la surveillance, y compris la volition<sup>67</sup>, le modelage de l'autodiscipline et le professionnalisme, et l'augmentation de la fiabilité d'une séquence de dépistage des erreurs<sup>68</sup> (par exemple, en y intégrant des rappels)<sup>69</sup>.

Les erreurs liées aux procédures de base peuvent comprendre des erreurs de coordination entre l'équipage de conduite et l'ATC, d'utilisation de l'automatisation, de stabilisation de l'approche, de contrôle de la trajectoire et de la vitesse anémométrique, de configuration de systèmes ou de commandes de vol, ou de planification et d'exécution<sup>70</sup>. On peut dépister de telles erreurs en utilisant systématiquement les listes de vérifications et en exerçant une surveillance rigoureuse. Cette stratégie d'atténuation est importante, car les conséquences de ces erreurs peuvent être graves (dont des approches non stabilisées et des accidents à l'approche et à l'atterrissage). Les écarts par rapport aux listes de vérifications et à la surveillance ainsi que le défaut de dépister des erreurs liées aux procédures de base peuvent survenir à cause de demandes de tâches concurrentes, de mauvaises habitudes procédurales, et d'échecs de CRM.

La FSF a publié un guide pour améliorer la surveillance des vols. Il décrit les défis d'une surveillance efficace et les obstacles à celle-ci. Parmi les obstacles mentionnés, l'on retrouve entre autres : les limites de la performance humaine (qui comprennent la difficulté d'une vigilance soutenue), les limites de la capacité d'effectuer simultanément plusieurs tâches et de gérer les distractions et interruptions, et les limites cognitives qui influent sur ce qui attire l'attention et ce qui échappe à l'attention. Les contraintes de temps sont également un

---

<sup>65</sup> *Ibid.*, p. 19.

<sup>66</sup> *Ibid.*, p. 14.

<sup>67</sup> La « volition » fait référence aux techniques qui comprennent l'exécution de procédures de façon soigneuse et réfléchie (par ex. : pointer chaque élément durant l'exécution d'une liste de vérifications) pour prévenir ou identifier immédiatement les erreurs. B. Berman et R. K. Dismukes, « Designing a Better Error Trap », *Aero Safety World* (juillet 2010), p. 12-17. En ligne : [https://flightsafety.org/asw/jul10/asw\\_jul10.pdf](https://flightsafety.org/asw/jul10/asw_jul10.pdf) (dernière consultation le 9 novembre 2016).

<sup>68</sup> Le dépistage des erreurs désigne des techniques pour [traduction] « contrebalancer les erreurs de manière à ce qu'elles ne mènent pas à des accidents ou à des incidents ». Flight Safety Foundation [EUROCONTROL Skybrary], *The Operator's Guide to Human Factors in Aviation [OGHFA]*. En ligne : <http://www.skybrary.aero/index.php/Portal:OGHFA> (dernière consultation le 10 octobre 2016).

<sup>69</sup> R.K. Dismukes et B. Berman, « Checklists and Monitoring in the Cockpit: Why Crucial Defenses Sometimes Fail » (National Aeronautics and Space Administration [NASA], juillet 2010), p. 18.

<sup>70</sup> *Ibid.*, p. 24.

obstacle, car elles peuvent exacerber une charge de travail déjà élevée et les erreurs; en outre, elles mènent à exécuter des tâches hâtivement et à regarder sans voir. Souvent, les pilotes ne se rendent pas compte que leur performance au chapitre de la surveillance s'est dégradée. En outre, ils peuvent ne pas comprendre complètement ou exactement toutes les fonctions et tous les comportements du système de vol automatisé de l'aéronef. De plus, la formation et les vérifications de compétence en route peuvent négliger l'importance de la surveillance et les méthodes pour effectuer une surveillance judicieuse<sup>71</sup>.

#### *1.18.8 Procédures d'utilisation normalisées*

Les SOP, y compris les annonces et listes de vérifications standards, sont des sources d'information cruciales qui offrent aux pilotes des lignes directrices d'exploitation générale de l'aéronef. Elles aident les pilotes à prendre des décisions et à coordonner leur équipage, et leur fournissent des solutions avérées à diverses situations opérationnelles durant les opérations normales ou anormales et les situations d'urgence. L'utilisation disciplinée des SOP est une stratégie d'atténuation reconnue en cas d'approche non stabilisée.

#### *1.18.9 Exposés*

Les exposés aident tant le PC (qui fait l'exposé) que le PS (qui reçoit l'exposé et y répond) à comprendre la séquence des événements et actions, les points clés de sécurité, les menaces ou dangers spécifiques, et les circonstances du décollage, du départ, du vol de croisière, de l'approche et de l'atterrissage. Un exposé interactif atteint 2 importants objectifs : il est l'occasion pour le PC et le PS de partager un plan d'action commun, et l'occasion d'établir les priorités et de partager les tâches. Les exposés consistent en une stratégie d'atténuation reconnue en cas d'approche non stabilisée.

#### *1.18.10 Gestion des ressources de l'équipage*

La CRM vise à réduire l'erreur humaine en aviation. Selon la définition couramment acceptée, la CRM désigne l'utilisation appropriée de toutes les ressources humaines, matérielles et informationnelles mises à la disposition de l'équipage de conduite pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations aériennes. À cette fin, les équipages de conduite doivent être formés à utiliser diverses stratégies pour améliorer l'efficacité. Les compétences CRM (c'est-à-dire les compétences servant à maintenir ou à rétablir la conscience de la situation, à prendre des décisions, à communiquer, à résoudre des problèmes et à gérer l'automatisation) que l'on enseigne périodiquement, qui font partie intégrante des SOP et que l'on répète fréquemment, constituent une stratégie d'atténuation reconnue en cas d'approche non stabilisée.

Les interruptions et distractions dans le poste de pilotage perturbent le déroulement des activités dans le poste de pilotage (actions et communications), comme les SOP, les listes de

---

<sup>71</sup> Flight Safety Foundation, *A Practical Guide for Improving Flight Path Monitoring: Final Report of the Active Pilot Monitoring Working Group* (novembre 2014), p. 12.

vérification normales, les communications opérationnelles (écoute, traitement et réponse), les tâches de surveillance ou les activités de résolution de problème.

Le détournement de l'attention à cause d'une interruption ou d'une distraction donne habituellement à l'équipage de conduite l'impression d'être bousculé et d'avoir à composer avec des tâches concurrentes ou prioritaires. À moins d'être atténués par des techniques adéquates conçues pour aider à établir les priorités, cette perturbation et ce moment d'inattention peuvent entraîner des lacunes : omission de surveiller la trajectoire de vol, omission d'effectuer une action et absence de détection et de correction de la condition ou de la configuration anormale qui en résulte (si l'interruption survient durant une liste de vérifications normale) et (ou) omission de gestion des incertitudes (p. ex. concernant une instruction ATC ou une condition anormale)<sup>72</sup>.

Maintenir la conscience de la situation qui se développe constitue un autre aspect connexe. La « conscience de la situation » est le fait d'avoir une compréhension exacte de ce qui se passe et de ce qui est susceptible de se produire. Elle comprend 3 processus : la perception de ce qui se passe, la compréhension de ce qui a été perçu, et la prévision de ce qui va arriver. L'utilisation des compétences CRM et le respect des SOP de la compagnie pour former et maintenir une compréhension commune de la situation parmi les membres d'un équipage de conduite sont une autre stratégie d'atténuation en cas d'approche non stabilisée.

### *1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces*

Sans objet.

---

<sup>72</sup> Notes d'information sur les opérations aériennes Airbus, Performance humaine, Facteurs humains et incidents/accidents.

## 2.0 *Analyse*

### 2.1 *Introduction*

L'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires selon la réglementation en vigueur, et rien n'indique qu'une défaillance de l'aéronef ou un mauvais fonctionnement d'un système ait pu contribuer à l'événement avant ou pendant le vol. L'analyse sera employée à expliquer comment une série d'événements liés et non liés aux opérations a détourné l'attention de l'équipage de conduite de la surveillance et de l'exécution d'une approche de non-précision stabilisée, à un point tel qu'il n'était pas conscient du bas régime de l'aéronef juste avant le poser des roues. L'analyse portera également sur les mesures de protection qui étaient en place mais qui n'ont pu prévenir la poursuite d'une approche non stabilisée jusqu'à l'atterrissage.

### 2.2 *Planification du vol et exposé*

Avant le départ, l'équipage de conduite n'a pas pris connaissance de l'avis aux aviateurs (NOTAM) selon lequel le système d'atterrissage aux instruments (ILS) de la piste 07 n'était pas disponible. Par conséquent, le premier exposé d'approche de l'équipage a porté sur l'approche par ILS qui était en panne. Comme suite à une communication du contrôle de la circulation aérienne (ATC) sur le choix d'approche de l'équipage, celui-ci a fait un second exposé d'approche, cette fois par radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence avec de l'équipement connexe de mesure de distance (VOR/DME) de la piste 07. Ni l'un ni l'autre des exposés n'a compris la procédure de remise des gaz ni la procédure spécifique publiée en cas d'approche interrompue, lesquelles doivent faire partie du premier exposé d'approche de la journée, selon les procédures de la compagnie. Dans l'événement à l'étude, l'équipage de conduite n'était pas contraint par le temps. Étant donné les conditions météorologiques de vol à vue, il se peut que l'on ait jugé qu'une remise des gaz était improbable, et que cette situation ait réduit l'importance perçue des exposés requis.

Les exposés, comme ceux pour l'approche et pour une approche interrompue, visent à établir un plan d'action commun, à établir les priorités et à mémoriser certaines altitudes et d'autres renseignements cruciaux. Si les équipages de conduite ne font pas d'exposé rigoureux comprenant un exposé d'approche interrompue, ils pourraient se retrouver sans plan d'action commun ni priorités établies, compromettant ainsi la coordination de l'équipage et, de ce fait, la sécurité des opérations aériennes.

### 2.3 *Gestion des activités liées aux opérations et non liées aux opérations durant l'approche*

Alors que le vol se dirigeait vers la trajectoire d'approche finale, l'équipage de conduite a tenu une conversation non liée aux opérations. Pour prévenir la distraction des équipages, la politique de la compagnie interdit toute conversation non liée aux opérations durant les étapes critiques de vol. Durant cette période, l'équipage a également reçu une

communication de l'ATC et reprogrammé le système de guidage et de gestion de vol (FMGS) afin de voler directement vers le point de cheminement LENAR.

D'après les procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Air Canada Rouge, les équipages de conduite doivent régler les volets au cran 2 à au moins 4 milles marins (nm) du repère d'approche finale (FAF). Toutefois, dans l'événement à l'étude, les volets étaient toujours réglés au cran 1 lorsque l'aéronef a franchi le FAF. Il se peut qu'avant d'intercepter la trajectoire d'approche finale, l'équipage de conduite ait été distrait de sa tâche de surveiller la vitesse anémométrique et la configuration de l'aéronef par la gestion d'incidents liés et non liés aux opérations (p. ex. communiquer avec l'ATC, reprogrammer le FMGS et tenir une conversation). De plus, l'aéronef a viré sur la trajectoire d'approche finale après le point de cheminement LENAR, ce qui a réduit le temps dont disposait l'équipage de conduite pour configurer l'aéronef et gérer sa vitesse anémométrique.

Si les équipages de conduite sont distraits par d'autres activités liées aux opérations et non liées aux opérations et ne respectent pas les SOP, ils risquent d'effectuer en retard ou de rater certaines tâches cruciales au pilotage d'un aéronef.

## 2.4 *Approche non stabilisée – vol à l'étude*

### 2.4.1 *Gestion des systèmes de bord avec et sans automatisation*

Une fois établi sur la trajectoire d'approche finale, l'aéronef se trouvait à l'altitude approximative requise pour la trajectoire d'approche souhaitée de 3,2°. Or, comme l'aéronef était toujours en décélération, sa vitesse anémométrique était supérieure à la vitesse cible qui avait été sélectionnée. À ce stade, les modes vertical et latéral de l'aéronef étaient gérés, c'est-à-dire que le FMGS commandait les systèmes de pilote automatique ou de directeur de vol. Dans un tel cas, l'aéronef devrait suivre la trajectoire d'approche verticale et latérale générée par le FMGS, et la commande automatique de poussée (si elle est en mode géré) devrait ajuster la poussée moteur en conséquence.

Dans cet événement, toutefois, la commande automatique de poussée était en mode non géré, et la vitesse sélectionnée était de 180 nœuds. Par conséquent, l'aéronef tentait de maintenir une vitesse de 180 nœuds. À ce stade, l'aéronef aurait dû être en décélération pour se conformer à la vitesse d'approche finale ( $V_{APP}$ ) FAF de 134 nœuds. Si la commande automatique de poussée avait été en mode géré, l'aéronef aurait décéléré automatiquement.

L'aéronef n'a pas immédiatement amorcé sa descente, probablement parce qu'il volait trop vite pour suivre en descente le profil d'approche établi depuis sa position courante. Par la suite, l'équipage a sorti le train d'atterrissage pour ralentir l'aéronef et accélérer sa descente.

L'équipage de conduite a ensuite sélectionné une vitesse désirée plus élevée sur le module de commande de vol (FCU), passant de 180 nœuds à 190 nœuds, et enfin à 200 nœuds, probablement pour accroître la vitesse verticale de descente. Cette vitesse de descente a augmenté pour atteindre 2000 pieds par minute (pi/min). Or, plutôt que de décélérer, l'aéronef a accéléré pour atteindre 198 nœuds. La sélection par l'équipage de conduite d'une vitesse désirée plus élevée avant de franchir le FAF a donné lieu à une poussée et à une

vitesse anémométrique plus élevées. Cette condition a contribué à la confusion de l'équipage, qui comprenait mal la réaction de l'aéronef. C'est ainsi que l'équipage a mal géré la séquence de configuration.

Peu de temps après (12 secondes plus tard), comme suite aux réglages de l'équipage de conduite, la vitesse désirée est passée d'une vitesse sélectionnée à une vitesse gérée de 134 nœuds ( $V_{APP}$ ). Par conséquent, la commande automatique de poussée a réduit la poussée moteur, et la vitesse anémométrique a commencé à diminuer.

Après s'être écarté au-dessus du profil d'approche, l'aéronef a franchi le FAF à l'altitude indiquée; par contre, sa vitesse anémométrique (188 nœuds) était supérieure de 54 nœuds à la  $V_{APP}$ , avec les volets toujours au cran 1. D'après les SOP de la compagnie, au moment de franchir le FAF, l'aéronef aurait dû être stabilisé à  $V_{APP}$  avec les volets au cran 3.

À ce stade, le pilote aux commandes (PC) a sélectionné un angle de trajectoire de vol (FPA) de  $3,2^\circ$  sur le FCU, soit le FPA approprié depuis le FAF jusqu'à la piste d'atterrissage. Le mode de vol vertical est passé à FPA. Ces modes étaient appropriés étant donné la position de l'aéronef à l'approche et correspondaient aux procédures d'exploitation d'aéronef de la compagnie. Le pilote automatique était embrayé et la commande automatique de poussée était actionnée.

Au moment d'atteindre l'entrée d'approche FAF, l'aéronef satisfaisait à tous les critères d'approche stabilisée dans la politique de la compagnie. L'aéronef avait rétabli son profil d'approche, et sa vitesse verticale était acceptable. La trajectoire latérale de l'aéronef était bonne. Toutefois, sa vitesse anémométrique était très supérieure à celle indiquée par les SOP, et ses volets étaient réglés au cran 1 au lieu du cran 3. Par conséquent, même s'il était satisfait aux critères d'approche stabilisée, la vitesse anémométrique et le réglage des volets étaient contraires aux SOP. S'il y a incohérence entre les SOP et la politique d'approche stabilisée d'un exploitant aérien, il y a un risque que les équipages de conduite poursuivent leur approche malgré un écart par rapport aux SOP et se trouvent en approche non stabilisée.

D'après les SOP de la compagnie, la sortie du train d'atterrissage se fait normalement après la sélection des volets au cran 2 et avant la sélection des volets au cran 3. Toutefois, les SOP permettent à l'équipage de conduite de sortir le train d'atterrissage à tout moment en fonction des exigences opérationnelles. Durant le vol à l'étude, la sortie du train d'atterrissage ne suivait pas la séquence normale des procédures. Elle a été effectuée avant le réglage des volets au cran 2, et ce, dans le but d'accroître la décélération et le taux de descente. Cette mesure était en réaction au premier état de vitesse anémométrique élevée.

Le PC a demandé au pilote surveillant (PS) de régler les volets au cran 3, en sautant le cran 2. Le PC avait l'intention de demander le cran 2, mais le PS n'a pas relevé l'erreur et a déplacé la commande des volets du cran 1 au cran 3, même si l'aéronef volait plus vite que la vitesse maximale permise pour ce réglage. On n'a pas pu déterminer pourquoi le PS n'a pas fait d'annonce correspondante pour s'assurer que la vitesse était adéquate ni pourquoi il n'y a pas eu de communication entre les membres d'équipage de conduite pour clarifier les réglages des volets. Durant cette période, il y a aussi eu une communication de l'ATC. Le PS

a tenté à 2 autres reprises de sélectionner le cran 3. Au troisième essai, les volets étaient positionnés conformément au réglage au cran 3.

Peu après, l'équipage de conduite a tiré sur le sélecteur d'altitude (ALT/SEL) sur le FCU. Les modes de vol sont ainsi passés à montée sans restriction (OP CLB) et à poussée de montée (THR CLB). Par conséquent, il y a eu une soudaine et substantielle augmentation de la poussée, du quasi ralenti à 87 %. Le PC avait désactivé le pilote automatique et donc, l'aéronef n'a pas monté comme le commandait le système automatisé. Toutefois, comme la commande automatique de poussée était toujours actionnée, la vitesse anémométrique a augmenté une seconde fois, et l'avertisseur de vitesse excessive volets sortis a retenti.

La vitesse et la montée accrues commandées par le système automatisé lorsque l'équipage de conduite a tiré sur le sélecteur ALT/SEL n'étaient pas requises durant cette étape de l'approche. De plus, lorsqu'on a tiré sur ce sélecteur, l'altitude présélectionnée était supérieure à l'altitude courante, ce qui ne correspondait à aucune stratégie de descente. Ces commandes ont déstabilisé encore plus l'aéronef. Il y a plusieurs autres boutons et boutons-poussoirs sur le FCU et sur les tableaux adjacents autour de l'écran anti-éblouissement. Il est probable que l'on ait tiré sur le sélecteur ALT/SEL en faisant une sélection indéléberée sur le FCU; c'est-à-dire que l'équipage de conduite voulait sélectionner une autre fonction.

Cette sélection par inadvertance sur le FCU a entraîné un second état de vitesse anémométrique élevée et de poussée accrue. L'aéronef s'est écarté au-dessus de la trajectoire d'approche finale entre le FAF et l'entrée d'approche de 500 pieds, et l'avertisseur de vitesse excessive volets au cran 3 a retenti. Le PC a réagi en désactivant la commande automatique de poussée et l'a annoncé au PS.

#### 2.4.2 *Approche non stabilisée*

Le PS a amorcé la vérification du réglage des volets après que le PC ait désactivé la commande automatique de poussée et après avoir réglé les volets au cran 3. À l'élément « Commande automatique de poussée » de la liste de vérifications, une discussion sur l'altitude d'approche interrompue est venue interrompre la vérification, qui n'a pas été achevée par la suite. Ces 2 événements liés aux opérations sont survenus alors que l'aéronef franchissait l'entrée d'approche à 500 pieds en descente (100 pieds au-dessus des minimums), et l'annonce « stable » n'a pas été faite. Il se peut que le moment de la discussion liée aux opérations, alors que l'aéronef franchissait en descente l'entrée d'approche à 500 pieds, ait distrait le PS de ses tâches, l'amenant à rater une tâche essentielle (l'annonce « stable »). L'équipage de conduite a de ce fait raté une occasion de reconnaître une approche non stabilisée.

Alors que l'aéronef était en approche finale, à 400 pieds, le calculateur du système d'alarme de pilotage (FWC) a annoncé « quatre cents ». Après cette annonce, le PC a fait l'annonce de stabilité « plus cent, stable, minimums ». Toutefois, le PC a fait cette annonce alors que l'aéronef n'était pas stabilisé. En effet, sa vitesse anémométrique était élevée, les vérifications avant atterrissage n'étaient pas achevées, et la poussée était réglée au ralenti. Ainsi, l'équipage de conduite a poursuivi une approche non stabilisée. L'aéronef avait retrouvé le profil vertical d'approche, ce qui a probablement amené le PC à croire à un état stabilisé.

### 2.4.3 Gestion de l'énergie

Comme expliqué précédemment, la condition énergétique d'un aéronef est fonction de sa vitesse anémométrique (et de la tendance de celle-ci), de l'altitude, de la traînée et de la poussée. Dans l'événement à l'étude, juste avant la première condition de vitesse élevée, l'équipage de conduite a sorti le train d'atterrissage, ce qui a accru la traînée. Or, au lieu de diminuer, la vitesse anémométrique a augmenté, car l'équipage avait sélectionné une vitesse anémométrique plus élevée sur le FCU. L'équipage de conduite a fini par remettre la commande automatique de poussée en mode géré; la vitesse anémométrique désirée a diminué à  $V_{APP}$ , et l'aéronef a commencé à décélérer.

La seconde condition de vitesse élevée est survenue lorsque le PC a demandé les volets au cran 3 après que l'aéronef a franchi le FAF. Après plusieurs réglages du FCU par l'équipage de conduite, l'aéronef a augmenté la poussée à cause de son mode d'exploitation, ce qui a amené l'équipage de conduite à mal interpréter la réaction de l'aéronef. Pour réduire la vitesse anémométrique et reprendre le contrôle de l'aéronef, le PC a désactivé tous les systèmes automatisés, y compris la commande automatique de poussée.

La gestion de la condition énergétique de l'aéronef a ensuite détourné l'attention de l'équipage de conduite de la surveillance et du contrôle de la vitesse anémométrique durant la descente. Par conséquent, l'aéronef a franchi l'entrée d'approche FAF à vitesse anémométrique élevée et avec une configuration des volets non conforme aux SOP.

Il est de pratique courante et conforme à la procédure standard d'utiliser la commande automatique de poussée à l'atterrissage, tout comme de maintenir une poussée supérieure au ralenti pour maintenir le profil d'approche et faciliter une approche interrompue. Toutefois, la gestion de la seconde condition de vitesse élevée et l'interruption de la vérification des volets d'atterrissage ont donné lieu à une condition de commande automatique de poussée désactivée (OFF) et de poussée au ralenti (IDLE) dont l'équipage de conduite ne s'était pas rendu compte.

L'équipage de conduite n'a pas constaté que la vitesse anémométrique diminuait alors que l'aéronef approchait de la piste ni que la commande automatique de poussée était désactivée. En courte finale, la vitesse anémométrique a diminué bien en deçà de  $V_{APP}$ , et l'aéronef s'est trouvé dans un état indésirable à très basse altitude. Le PC a fait une sollicitation maximale de cabré du manche latéral, et l'angle d'attaque a atteint ses niveaux maximums. Ainsi, durant l'arrondi, le système de protection grand angle d'attaque de l'aéronef s'est activé pour réduire l'angle de tangage. Le système de protection a fonctionné comme prévu, et par conséquent, aucun important mouvement en cabré de la gouverne de profondeur n'a eu lieu, malgré une sollicitation maximale de cabré du manche latéral avant le poser des roues.

Croyant que la commande automatique de poussée était toujours activée, l'équipage n'avait pas conscience de l'état de bas régime de l'aéronef juste avant le poser des roues. À 50 pieds avant le poser, l'équipage de conduite a soudainement constaté que la vitesse anémométrique diminuait et a appliqué manuellement la poussée maximale (c.-à-d. la poussée maximale de décollage). Toutefois, dans le temps qu'il restait avant le poser, la poussée n'a augmenté que de 4 %. Lorsque l'équipage de conduite a constaté l'état

indésirable de l'aéronef, l'application tardive de puissance moteur n'a pas suffi pour ralentir la vitesse de descente, ce qui a entraîné l'atterrissage dur.

#### 2.4.4 Surveillance de la stabilité des approches

L'événement à l'étude comprend des facteurs qui favorisent la probabilité qu'une approche non stabilisée se poursuive jusqu'à l'atterrissage. Par exemple, il n'y avait aucun facteur environnemental, comme le cisaillement du vent, la contamination de la piste ou des conditions météorologiques de vol aux instruments, pour accroître le risque perçu de la situation. Par conséquent, les pilotes ont probablement prévu une approche et un atterrissage habituels. Il se peut que cette situation ait contribué à l'acceptation par l'équipage des écarts par rapport aux critères d'approche stabilisée. Avant qu'il atteigne l'entrée d'approche stabilisée à 500 pieds, l'aéronef volait un peu trop vite et trop haut. Il a néanmoins retrouvé son profil à 2 reprises alors que l'équipage de conduite tentait de gérer les conditions de vitesse anémométrique élevée et de poussée accrue. Les mesures prises par l'équipage pour réduire la vitesse anémométrique indiquent qu'il était au courant de l'état de régime élevé de l'aéronef. Passé l'entrée d'approche à 500 pieds, avec la commande automatique de poussée désactivée et la poussée au ralenti, la vitesse anémométrique de l'aéronef a continué de diminuer : l'aéronef était ainsi à bas régime et dans un état conforme au profil à 100 pieds au-dessus du sol.

Le changement d'état de régime (de haut à bas) de l'aéronef a échappé à l'équipage de conduite, probablement parce que plusieurs facteurs situationnels étaient en jeu :

- La majorité du temps durant l'approche, l'équipage de conduite était occupé à réduire la vitesse anémométrique en descente. Il l'avait enfin réduite suffisamment juste après l'entrée d'approche à 500 pieds. Il n'avait pas prévu une condition de basse vitesse anémométrique.
- L'équipage de conduite accusait un retard par rapport au réglage des volets et aux vérifications d'approche et d'atterrissage, jusqu'à peu après l'entrée d'approche à 500 pieds. À ce stade, il estimait que l'aéronef était stabilisé.
- Les procédures, les annonces d'écart des paramètres, et les vérifications ont été interrompues, retardées ou ratées, ce qui a réduit la conscience de l'équipage de conduite des paramètres de vol réels et des états des systèmes de bord.
- L'équipage de conduite n'a pas continué de surveiller l'approche globale, occupé qu'il était à résoudre les conditions de vitesse anémométrique élevée et de poussée accrue.

Les SOP d'Air Canada Rouge exigent que le PS annonce les écarts excessifs du taux de descente normal ou du profil d'approche dans toutes les conditions météorologiques – de vol à vue comme de vol aux instruments. Dans l'événement à l'étude, on n'a pu déterminer pourquoi le PS n'a pas reconnu les paramètres de vol qui indiquaient une approche non stabilisée. Il se peut que la transition du pilotage automatisé au pilotage manuel par le PC, combinée aux augmentations de poussée, ait entraîné une charge de travail élevée, et que par conséquent le PS n'ait pas noté ces écarts. De plus, comme l'équipage de conduite rétablissait le profil d'approche après chaque écart de vitesse anémométrique, des indicateurs ultérieurs

montraient que l'aéronef (que l'équipage croyait stabilisé) suivait le profil. Ainsi, le degré d'instabilité, y compris le passage d'un état de vitesse élevée à un état de basse vitesse, n'a pas été identifié, et aucune remise des gaz n'a eu lieu.

Air Canada Rouge avait des critères d'approche stabilisée et une politique sur le sujet, une politique de remise des gaz sans égard à la faute, et une politique de signalement des dangers et événements dans le cadre de son système de gestion de la sécurité. Malgré ces facteurs, qui encouragent les équipages de conduite à remettre les gaz lorsqu'un aéronef n'est pas stabilisé à l'approche, l'équipage a poursuivi l'approche non stabilisée. L'équipage de conduite n'a pas observé les SOP, selon lesquelles il faut surveiller tous les paramètres disponibles durant l'approche et l'atterrissage. Comme les 2 membres de l'équipage de conduite étaient concentrés sur les conditions de vitesse anémométrique et les retards de configuration de l'aéronef, ils ne se sont pas rendu compte que l'approche était non stabilisée, et n'ont pas remis les gaz.

Les mesures de protection actuelles contre la poursuite des approches non stabilisées se sont révélées inadéquates. À moins de prendre d'autres mesures pour réduire le nombre d'approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage, il est probable que le risque d'impact sans perte de contrôle (CFIT) et d'accident à l'approche et à l'atterrissage persistera.

## 2.5 Automatisation

À Air Canada Rouge, la procédure normale veut que les équipages de conduite effectuent les approches en mode géré. La façon dont l'équipage de conduite a géré les 2 conditions de vitesse anémométrique élevée (c.-à-d. augmentation de poussée avant le FAF et augmentation de la poussée de montée après le FAF) alors qu'il tentait de maintenir le profil d'approche montre que l'équipage comprenait mal la réaction de l'aéronef dans ses divers modes automatisés. Après quelques tentatives de réduction de la vitesse anémométrique au moyen des systèmes automatisés, et après l'augmentation de poussée imprévue, le PC a désactivé tous les systèmes automatisés, y compris la commande automatique de poussée, pour commander l'aéronef manuellement. Cette désactivation est la mesure recommandée dans une telle situation, et les annonces appropriées ont été faites<sup>73</sup>. De plus, le passage du PC à la commande manuelle a permis à l'aéronef de ralentir et de rétablir son profil d'approche près de l'entrée d'approche à 500 pieds. Par contre, le PC a oublié que la commande automatique de poussée était désactivée et que la poussée était au ralenti alors que l'aéronef poursuivait son approche jusqu'à l'atterrissage.

## 2.6 Gestion des ressources de l'équipage et procédures d'utilisation normalisées

Dans le cadre de l'exécution normale de leurs tâches, les équipages de conduite utilisent des contre-mesures pour empêcher que les menaces, les erreurs et les états indésirables de

---

<sup>73</sup> *Ibid.*

l'aéronef ne réduisent les marges de sécurité durant les opérations aériennes. Les exemples de ces contre-mesures comprennent les listes de vérifications, les vérifications, les exposés, les annonces et les SOP, ainsi que les compétences de gestion des ressources de l'équipage (CRM) (p. ex. prise de décisions, gestion de l'automatisation, communication, et maintien de la conscience de la situation et de l'attention). Dans l'événement à l'étude, durant toute l'approche à l'atterrissage, certains éléments cruciaux de la communication entre les membres de l'équipage de conduite (y compris les vérifications, annonces et contre-vérifications d'écarts excessifs des paramètres de vol et aux changements de modes de l'annonciateur de mode de vol [FMA]), ont été retardés ou ratés.

Les humains sont enclins à vouloir résoudre les problèmes ou les situations anormales même s'ils sont anodins. Les compétences CRM et les SOP, ainsi qu'une formation régulière à celles-ci, sont conçues pour protéger contre les équipages de conduite qui se concentrent sur les menaces et les erreurs plutôt que sur le pilotage ou la gestion d'un état indésirable de l'aéronef. Si les équipages de conduite ne suivent pas les procédures normalisées et les pratiques exemplaires qui facilitent la surveillance des critères d'approche stabilisée et les écarts excessifs par rapport aux paramètres, il y a un risque de mauvaise gestion des menaces, des erreurs et des états indésirables de l'aéronef.

## 2.7 Formation de l'équipage de conduite

Air Canada Rouge a des critères d'approche stabilisée et une politique à ce sujet. Toutefois, au moment de l'événement, Air Canada Rouge ne donnait aux équipages de conduite aucun entraînement sur simulateur pour les aider à reconnaître une approche non stabilisée menant à une approche interrompue. Par conséquent, l'équipage de conduite en cause n'a pas su reconnaître les multiples écarts de vitesse anémométrique et de poussée et les manquements de coordination et de communication, et a poursuivi l'approche bien au-delà des seuils de stabilité. Des scénarios de formation comprenant des remises de gaz effectuées en raison d'une approche non stabilisée pourraient accroître la probabilité que les pilotes effectuent la remise des gaz en situation de vol réelle.

Au moment de l'événement, des scénarios d'approche sans commande automatique de poussée ne faisaient pas partie de chacun des modules d'entraînement périodique sur simulateur d'Air Canada Rouge, et la réglementation en vigueur ne les exigeait pas. Les équipages de conduite volent habituellement avec les systèmes automatisés activés. Par conséquent, l'équipage de conduite en cause n'était pas entièrement compétent aux approches sans commande automatique de poussée, y compris la gestion des systèmes automatisés.

D'après les *Normes de service aérien commercial* (NSAC), les exploitants aériens doivent donner aux membres d'équipage de conduite une formation à tous les types d'approches aux instruments, en se servant de tous les niveaux d'automatisation. Au moment de l'événement, Air Canada Rouge donnait de la formation aux approches sans commande automatique de poussée durant la formation initiale, mais pas durant la formation périodique. Toutefois, les NSAC ne spécifient ni la fréquence d'une telle formation ni la façon dont elle doit se

dérouler : elles précisent uniquement que tous les éléments du cours de formation initiale doivent être vus au cours d'une période définie (durant un cycle).

Si les normes de formation des équipages de conduite en matière de maîtrise des systèmes automatisés (NSAC 725.124) sont imprécises quant à la fréquence, il y a un risque que les exploitants aériens excluent des éléments cruciaux de leurs modules de formation périodique et que les équipages de conduite ne maîtrisent pas tous les niveaux d'automatisation.

## 3.0 *Faits établis*

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

1. La sélection par l'équipage de conduite d'une vitesse désirée plus élevée avant de franchir le repère d'approche finale a donné lieu à une poussée et à une vitesse anémométrique plus élevées. Cette condition a contribué à la confusion de l'équipage, qui comprenait mal la réaction de l'aéronef. C'est ainsi que l'équipage a mal géré la séquence de configuration.
2. La sélection par inadvertance sur le module de commande de vol a entraîné un second état de vitesse anémométrique élevée et de poussée accrue. L'aéronef s'est écarté au-dessus de la trajectoire d'approche finale entre le repère d'approche finale et l'entrée d'approche à 500 pieds, et l'avertisseur de vitesse excessive volets au cran 3 a retenti. Le pilote aux commandes a réagi en désactivant la commande automatique de poussée.
3. Il se peut que le moment de la discussion liée aux opérations, alors que l'aéronef franchissait en descente l'entrée d'approche à 500 pieds, ait distrait le pilote surveillant de ses tâches, l'amenant à rater une tâche essentielle (l'annonce « stable »). L'équipage de conduite a de ce fait raté une occasion de reconnaître une approche non stabilisée.
4. Le pilote aux commandes a fait l'annonce « stable » alors que l'aéronef n'était pas stabilisé. En effet, sa vitesse anémométrique était élevée, les vérifications avant atterrissage n'étaient pas achevées, et la poussée était réglée au ralenti. Ainsi, l'équipage de conduite a poursuivi une approche non stabilisée.
5. La gestion de la condition énergétique de l'aéronef a ensuite détourné l'attention de l'équipage de conduite de la surveillance et du contrôle de la vitesse anémométrique durant la descente. Par conséquent, l'aéronef a franchi l'entrée d'approche du repère d'approche finale à vitesse anémométrique élevée et avec une configuration des volets non conforme aux procédures d'utilisation normalisées.
6. En courte finale, la vitesse anémométrique a diminué bien en deçà de la vitesse d'approche finale ( $V_{APP}$ ), et l'aéronef s'est trouvé dans un état indésirable à très basse altitude.
7. Lorsque l'équipage de conduite a constaté l'état indésirable de l'aéronef, l'application tardive de puissance moteur n'a pas suffi pour ralentir la vitesse de descente, ce qui a entraîné l'atterrissage dur.
8. L'équipage de conduite n'a pas observé les procédures d'exploitation normalisées, selon lesquelles il faut surveiller tous les paramètres disponibles durant l'approche et l'atterrissage. Comme les 2 membres de l'équipage de conduite étaient concentrés sur les conditions de vitesse anémométrique et les retards de configuration de l'aéronef,

ils ne se sont pas rendu compte que l'approche était non stabilisée, et n'ont pas remis les gaz.

9. Air Canada Rouge ne donnait aux équipages de conduite aucun entraînement sur simulateur pour les aider à reconnaître une approche non stabilisée menant à une approche interrompue. Par conséquent, l'équipage de conduite en cause n'a pas su reconnaître les multiples écarts de vitesse anémométrique et de poussée et les manquements de coordination et de communication, et a poursuivi l'approche bien au-delà des seuils de stabilité.
10. Des scénarios d'approche sans commande automatique de poussée ne faisaient pas partie de chacun des modules d'entraînement périodique sur simulateur d'Air Canada Rouge, et les équipages de conduite volent habituellement avec les systèmes automatisés activés. Par conséquent, l'équipage de conduite en cause n'était pas entièrement compétent aux approches sans commande automatique de poussée, y compris la gestion des systèmes automatisés.

### 3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Si les équipages de conduite ne font pas d'exposé rigoureux comprenant un exposé d'approche interrompue, ils pourraient se retrouver sans plan d'action commun ni priorités établies, compromettant ainsi la coordination de l'équipage et, de ce fait, la sécurité des opérations aériennes.
2. Si les équipages de conduite sont distraits par d'autres activités liées aux opérations et non liées aux opérations et ne respectent pas les procédures d'utilisation normalisées, ils risquent d'effectuer en retard ou de rater certaines tâches cruciales au pilotage d'un aéronef.
3. Si les équipages de conduite ne suivent pas les procédures normalisées et les pratiques exemplaires qui facilitent la surveillance des critères d'approche stabilisée et les écarts excessifs par rapport aux paramètres, il y a un risque de mauvaise gestion des menaces, des erreurs et des états indésirables de l'aéronef.
4. S'il y a incohérence entre les procédures d'utilisation normalisées (SOP) et la politique d'approche stabilisée d'un exploitant aérien, il y a un risque que les équipages de conduite poursuivent leur approche malgré un écart par rapport aux SOP et se trouvent en approche non stabilisée.
5. Si les normes de formation des équipages de conduite en matière de maîtrise des systèmes automatisés (*Normes de service aérien commercial 725.124*) sont imprécises quant à la fréquence, il y a un risque que les exploitants aériens excluent des éléments cruciaux de leurs modules de formation périodique et que les équipages de conduite ne maîtrisent pas tous les niveaux d'automatisation.

## 4.0 Mesures de sécurité

### 4.1 Mesures de sécurité prises

Dans le cadre de son système de gestion de la sécurité (SGS), Air Canada Rouge a mené une enquête interne sur l'événement à l'étude et a fait une évaluation de ses opérations aériennes. Durant son enquête, la compagnie a cerné des risques liés à certaines parties de ses opérations aériennes, en particulier les approches non stabilisées, et a mis en œuvre des mesures pour les atténuer. Air Canada Rouge a pris les mesures correctives suivantes :

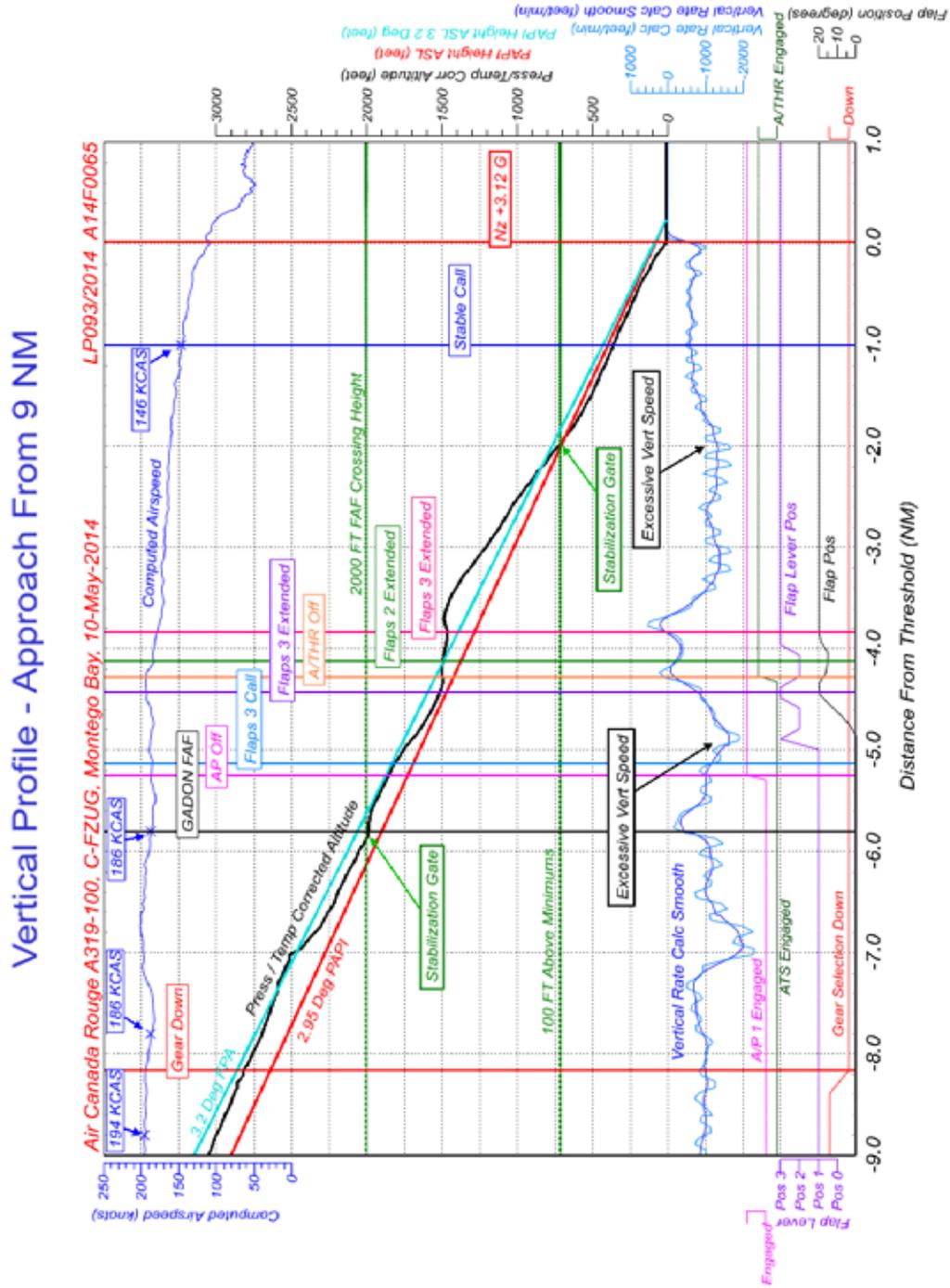
- Elle a incorporé dans le plan cours de formation périodique des équipages de conduite un entraînement sur simulateur aux approches non stabilisées qui mènent à une remise des gaz. La compagnie compte incorporer la même formation dans la formation initiale sur type, mais cette mesure n'est pas encore achevée.
- Elle a modifié le plan de cours de la formation périodique pour y ajouter plus de pilotage manuel, y compris le rétablissement pour éviter un impact sans perte de contrôle (CFIT), les virages serrés, les manœuvres en amorce de décrochage, le rétablissement en cas de déséquilibre, la désactivation et la réactivation de la commande automatique de poussée, et le vol sans commande automatique de poussée.
- Elle a apporté des changements à ses procédures d'utilisation normalisées (SOP), qui ont précisé la politique sur les approches stabilisées de la compagnie. Ces changements ont été élaborés en fonction de consultations avec Air Canada, des conclusions de l'enquête interne de la compagnie sur l'événement à l'étude, et des dernières propositions de la Flight Safety Foundation.
- La compagnie a amélioré son programme de formation périodique annuelle, entre autres grâce à des modules nouveaux ou améliorés sur ce qui suit : la gestion des distractions dans le poste de pilotage, les normes professionnelles et de leadership axées sur la communication franche, et le traitement du non-respect des SOP par l'autre membre d'équipage de conduite.

*Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 13 octobre 2016. Le rapport a été officiellement publié le 9 janvier 2017.*

*Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports ([www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.*

# Annexes

## Annexe A – Profil de vol vertical de l'aéronef



[en anglais seulement]



## Annexe C – Écarts par rapport aux procédures d'utilisation normalisées

Item	Procédure d'utilisation normalisée d'Air Canada Rouge	Faits réels de l'événement
À 4 nm du repère d'approche finale (FAF)	<p>[Pilote aux commandes] (PC)... « FLAPS 2 » [VOLETS 2]</p> <p>[Pilote surveillant] (PS)... « SPEED CHECKED » [VITESSE VÉRIFIÉE]</p> <p>S'assurer que la vitesse indiquée (IAS) courante ne dépasse pas la vitesse limite avec les volets sortis au cran 2.</p> <p>PS... « FLAPS 2...F SPEED » [VOLETS 2, VITESSE F]</p> <p>Vérifier la décélération à la vitesse volets sortis. Si le mode Selected Speed est engagé, s'assurer que la vitesse est appropriée et que le PC est au courant de cette sélection, p. ex. : « FLAPS 2...170 SELECTED » [VOLETS 2... 170 SÉLECTIONNÉE].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune annonce Volets 2 (volets 1 rentrés)</li> <li>• Aucune vérification de la vitesse anémométrique</li> <li>• Aucune décélération de l'aéronef</li> </ul>
À 3 nm du FAF	<p>PC... « GEAR DOWN » [TRAIN SORTI]</p> <p>Le PC peut demander en tout temps la sortie du train d'atterrissage pour favoriser la descente en vue de l'approche. Conformément à la procédure, on le sélectionne avant d'annoncer les vérifications avant atterrissage.</p> <p>PC... « LANDING CHECK » [VÉRIFICATIONS AVANT ATERRISSAGE]</p> <p>Les vérifications avant atterrissage accompagnent normalement l'annonce de sortie du train d'atterrissage. Toutefois, si l'on doit sortir le train d'atterrissage plus tôt pour favoriser la descente ou la décélération, on devrait annoncer « GEAR DOWN ». L'annonce « LANDING CHECK » est alors retardée jusqu'à ce que l'aéronef soit établi en [approche] finale.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sélection de sortie du train</li> <li>• Aucune annonce des vérifications avant atterrissage</li> </ul>
À 2 nm du FAF	<p>PC... « FLAPS 3 » [VOLETS 3]</p> <p>PS... « SPEED CHECKED » [VITESSE VÉRIFIÉE]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer que l'IAS courante ne dépasse pas la vitesse limite avec volets sortis au cran 3.</li> </ul> <p>Si l'on projette un atterrissage CONFIG 3 (volets 3) :</p> <p>PS... « FLAPS 3...V<sub>APP</sub> 139 » [VOLETS 3... V<sub>APP</sub> 139]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volets rentrés au cran 1</li> <li>• Annonce volets 3 à 0,7 nm après le FAF</li> <li>• Vitesse anémométrique excessive volets sortis au cran 3</li> <li>• Aucune annonce de la vitesse d'approche finale (V<sub>APP</sub>)</li> </ul>

<b>Franchissement du FAF</b>	<p>Le PS fait les annonces finales, conformément au manuel d'exploitation (ci-dessous) :</p> <p>Au FAF, le PS annonce l'altitude de franchissement et la contre-vérifie par rapport à l'altitude de franchissement FAF sur la carte, corrigée en fonction de la température, s'il y a lieu. Le PC confirme que l'altitude annoncée est à 100 pieds ou moins sur l'altimètre barométrique. Le PS vérifie que l'altitude appropriée d'approche interrompue est bien réglée sur le sélecteur d'altitude.</p> <p>Le diagramme d'approche gérée de non-précision des SOP de l'AOM [<i>Manuel d'utilisation d'aéronef</i>] indique :</p> <p>V<sub>APP</sub> stable et configuration d'atterrissage (cran 3 ou pleins volets) au FAF</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun énoncé verbal au FAF</li> <li>• Vitesse anémométrique de 188 nœuds (aucun ralentissement)</li> <li>• Pas en configuration d'atterrissage</li> <li>• V<sub>APP</sub> (vitesse d'approche) non stabilisée</li> <li>• Altitude appropriée d'approche interrompue non réglée</li> </ul>
<b>Sélection des volets d'atterrissage</b>	<p>Le PC annonce les volets d'atterrissage en (Config[uration] 3 ou pleins volets). Le PS sélectionne et confirme les volets demandés, puis fait l'annonce standard, c.-à-d. « Flap Full... V<sub>APP</sub> 134 », suivie de :</p> <p>- PS..... « AUTOTHRUST » [COMMANDE AUTOMATIQUE DE POUSSÉE]</p> <p>- PC..... « SPEED » ou « OFF » [VITESSE ou OFF]</p> <p>- PS..... « LANDING MEMO » [MÉMO D'ATTERRISSAGE],..... « NO BLUE » [AUCUN INDICATEUR BLEU]</p> <p>- PC..... « NO BLUE » [AUCUN INDICATEUR BLEU]</p> <p>Une fois que la dernière annonce de volets d'atterrissage est faite, le PS annonce « AUTOTHRUST »; après la réponse du PC, il s'assure qu'il ne reste aucun témoin lumineux bleu sur l'affichage ECAM [<i>moniteur électronique centralisé de bord</i>] LANDING MEMO et annonce « LANDING MEMO, NO BLUE ».</p> <p>Le PC confirme qu'il n'y a aucun témoin lumineux bleu sur l'affichage ECAM Landing MEMO et annonce « NO BLUE »</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune annonce de la V<sub>APP</sub></li> <li>• Annonce de la commande automatique de poussée par le PS, mais aucune réponse du PC; vérifications avant atterrissage non achevées.</li> </ul>

<p><b>À l'altitude et hauteur de décision et altitude minimale de descente plus 100 pieds</b></p>	<p>Annonces du PC et du PS faites selon la politique du manuel d'exploitation.</p> <p>PS..... « HUNDRED ABOVE, STABLE ou (UNSTABILIZED) » [PLUS CENT, STABLE ou (NON STABILISÉ)],</p> <p>PC..... « ROGER » [ROGER], ou « GO-AROUND, FLAPS » [REMISE DES GAZ, VOLETS]</p> <p><math>V_{APP}</math> stable à (+10, -5) nœuds par rapport à <math>V_{APP}</math></p> <p>L'annonce « non stabilisée » peut être faite à tout moment durant l'approche si les conditions le justifient. À tout moment durant l'approche, s'il est évident que l'on ne pourra satisfaire aux critères d'approche stabilisée ou les maintenir, on doit amorcer une remise des gaz.</p>	<p>Le PC a fait l'annonce « Hundred above, stable » [plus cent, stable] à la mauvaise altitude</p> <p>Vitesse 160 nœuds (<math>V_{APP} + 26</math>)</p> <p>Aucune annonce stabilisée/non stabilisée</p> <p>Aéronef non stabilisé à cause de sa vitesse anémométrique, sa poussée au ralenti, aucune vérification avant atterrissage</p>
---	--	---

*Annexe D – Glossaire*

AAE	altitude au-dessus de l'aérodrome
agl	au-dessus du sol
ALAR	accidents à l'approche et l'atterrissage
ALT/SEL	sélecteur d'altitude
AOM	Manuel d'utilisation d'aéronef
ASAC	alerte à la sécurité de l'Aviation civile
asl	au-dessus du niveau de la mer
ASR	rapport de sécurité aérienne
ATC	contrôle de la circulation aérienne
A/THR	commande automatique de poussée activée
BST	Bureau de la sécurité des transports
CFIT	impact sans perte de contrôle
CRM	gestion des ressources de l'équipage
CVR	enregistreur de conversations de poste de pilotage
ECAM	moniteur électronique centralisé de bord
FAF	repère d'approche finale
FCU	module de commande de vol
FDM	suivi des données de vol
FDR	enregistreur de données de vol
FL	niveau de vol
FMA	annonceur de mode de vol
FMGS	système de guidage et de gestion de vol
FPA	angle de trajectoire de vol
FSF	Flight Safety Foundation
FWC	calculateur du système d'alarme de pilotage
HGS	collimateur de pilotage
IAS	vitesse indiquée
ILS	système d'atterrissage aux instruments
IMC	conditions météorologiques de vol aux instruments

METAR	message d'observation météorologique régulière pour l'aviation
NOTAM	avis aux aviateurs
OP CLB	montée sans restriction
PAPI	indicateur de trajectoire d'approche de précision
PC	pilote aux commandes
PFD	écran principal de vol
pi/m	pieds par minute
PS	pilote surveillant
RAC	Règlement de l'aviation canadien
RNAV	navigation de surface
SGS	système de gestion de la sécurité
SOP	procédures d'utilisation normalisées
TC	Transports Canada
THR CLB	poussée de montée
TOGA	décollage et remise des gaz
TRK	trajectoire
V <sub>APP</sub>	vitesse d'approche finale
VASIS	indicateur visuel de pente d'approche
VMC	conditions météorologiques de vol à vue
VOR/DME	radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence avec de l'équipement connexe de mesure de distance
VS	vitesse verticale