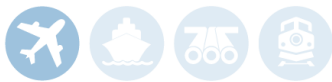




Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada



# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21W0090

## **PERTE DE MAÎTRISE PENDANT L'ATERRISSAGE**

Daher TBM700 N (TBM 910), C-FFYM  
Immatriculation privée  
Aérodrome de Westlock (Alberta)  
10 octobre 2021

## À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca).

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

## CONDITIONS D'UTILISATION

### Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si ce rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

### Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu du présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

### Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

### Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

### Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0090* (publié le 29 mars 2023).

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
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.gc.ca](mailto:communications@bst.gc.ca)

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2023

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0090

N° de cat. TU3-10/21-0090F-1-PDF

ISBN 978-0-660-48010-7

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.*

## Table des matières

<b>1.0 Renseignements de base</b>	<b>2</b>
1.1 Déroulement du vol	2
1.2 Personnes blessées	7
1.3 Dommages à l'aéronef	7
1.4 Autres dommages	7
1.5 Renseignements sur le personnel	8
1.5.1 Formation sur l'aéronef TBM700	9
1.6 Renseignements sur l'aéronef	9
1.6.1 Configuration de sièges de l'aéronef	11
1.6.2 Ensembles de retenue	12
1.6.3 Avionique G1000 NXi de Garmin	12
1.6.4 Performances d'atterrissage de l'aéronef	14
1.6.5 Procédure de remise des gaz de l'aéronef TBM 910	14
1.7 Renseignements météorologiques	14
1.8 Aides à la navigation	15
1.9 Communications	15
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	15
1.11 Enregistreurs de bord	16
1.11.1 Enregistreur de données léger (LDR1000)	16
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	16
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	16
1.13.1 Fatigue	16
1.13.2 Médicament d'ordonnance du pilote	17
1.13.3 Certificats médicaux d'aviation de Transports Canada	17
1.14 Incendie	19
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	19
1.15.1 Exigences relatives aux sièges et aux ceintures de sécurité	21
1.15.2 Possibilités de survie avec les ensembles de retenue gonflables	21
1.15.3 Exposé donné aux passagers	23
1.15.4 Bagages de cabine, équipement et fret	23
1.15.5 Sécurité liée aux aires de trafic et aux hélices	24
1.16 Essais et recherche	24
1.16.1 Rapports de laboratoire du BST	24
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	24
1.18 Renseignements supplémentaires	25
1.18.1 Effets du fonctionnement de l'hélice sur la dynamique de l'aéronef	25
1.18.2 Approche non stabilisée	27
1.18.3 Atterrissage interrompu	30
<b>2.0 Analyse</b>	<b>32</b>
2.1 Approche non stabilisée	32
2.2 Corrections de la trajectoire de vol en courte finale	33
2.3 Atterrissage interrompu	34

2.4	Sécurité en cabine.....	34
2.4.1	Utilisation de la ceinture de sécurité par le pilote.....	34
2.5	Médicaments d'ordonnance .....	35
2.6	Sécurité liée aux aires de trafic et aux hélices.....	35
<b>3.0</b>	<b>Faits établis.....</b>	<b>36</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	36
3.2	Faits établis quant aux risques .....	36
3.3	Autres faits établis.....	37
<b>4.0</b>	<b>Mesures de sécurité .....</b>	<b>38</b>
4.1	Mesures de sécurité prises .....	38
4.1.1	Transports Canada .....	38
<b>Annexes.....</b>		<b>39</b>
	Annexe A – Tracé des données de vol à l'approche .....	39
	Annexe B – Tracé des données de vol à l'atterrissage .....	40
	Annexe C – Procédure de remise des gaz de l'aéronef TBM700 N (TBM 910).....	41

# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21W0090

## PERTE DE MAÎTRISE PENDANT L'ATERRISSAGE

Daher TBM700 N (TBM 910), C-FFYM

Immatriculation privée

Aérodrome de Westlock (Alberta)

10 octobre 2021

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

## Résumé

Le 10 octobre 2021, le Daher TBM700 N sous immatriculation privée (immatriculation C-FFYM, numéro de série 1190) effectuait un vol selon les règles de vol aux instruments de l'aéroport de Vernon (Colombie-Britannique) à l'aérodrome de Westlock (Alberta), avec une escale à l'aéroport de Calgary/Springbank (Alberta) pour embarquer des passagers. Après l'escale, 1 pilote et 3 passagers se trouvaient à bord. À 11 h 02 min 26 s, heure avancée des Rocheuses, alors qu'il atterrissait sur la piste 28 à l'aérodrome de Westlock, l'aéronef a fait un rebond et le pilote a amorcé une remise des gaz. Pendant l'augmentation de la puissance moteur pour la remise des gaz, l'aéronef a roulé à gauche, a heurté la piste en position inversée et s'est immobilisé du côté sud de la piste.

Les 3 passagers sont sortis de l'aéronef par la porte cabine principale avec l'aide de personnes se trouvant à proximité. Une passagère a été grièvement blessée, et les 2 autres passagers ont subi des blessures mineures. Le pilote, qui était grièvement blessé, est resté coincé dans le poste de pilotage pendant environ 2 heures avant que les premiers intervenants puissent le sortir de l'épave en toute sécurité. Un signal de radiobalise de repérage d'urgence a été reçu par le système de recherche et de sauvetage par satellite. L'aéronef a été lourdement endommagé, mais aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact.

## 1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1 Déroulement du vol

Le 10 octobre 2021, l'aéronef Daher TBM700 N (TBM 910) sous immatriculation privée effectuait un vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) à partir de l'aéroport de Vernon (CYVK) (Colombie-Britannique). La destination prévue était l'aéroport d'Edmonton/Villeneuve (CZVL) (Alberta), avec une brève escale à l'aéroport de Calgary/Springbank (CYBW) (Alberta). Le pilote et 1 passagère étaient à bord pour la première étape du vol et 2 autres passagers sont montés à bord à CYBW.

Lors de l'escale à CYBW, l'aéronef s'est arrêté à l'extrémité d'une voie de circulation non contrôlée pour prendre les 2 passagers. Le pilote est demeuré dans le poste de pilotage de l'aéronef, dont le moteur était en marche et l'hélice tournait. Étant donné que l'aéronef se trouvait sur une voie de circulation non contrôlée, il n'y avait aucune supervision de la sécurité sur l'aire de trafic ni aucun placier présent. Aucune réglementation n'interdit de charger un aéronef de cette manière.

Les 2 passagers se sont approchés de l'aéronef et ont ouvert la porte cabine principale. Ils ont déchargé un vélo avant de monter à bord de l'appareil, puis ont chargé leurs bagages, principalement dans le compartiment passagers. Les bagages n'étaient pas arrimés.

Le pilote a ensuite téléphoné à un membre de sa famille pour l'informer qu'il arriverait avec les passagers dans une heure. Un des 3 passagers était assis sur le siège orienté vers l'arrière, au milieu de la cabine, du côté droit de l'aéronef, et n'avait attaché que la ceinture sous-abdominale. Un passager était assis sur le siège orienté vers l'avant, à l'arrière de la cabine, du côté gauche de l'aéronef, à côté de la porte cabine principale. Ce passager avait attaché la ceinture sous-abdominale ainsi que la ceinture-baudrier. Le 3<sup>e</sup> passager était assis dans le siège orienté vers l'avant, à l'arrière de la cabine, du côté droit de l'aéronef, et n'avait attaché que la ceinture sous-abdominale.

Les passagers volaient régulièrement avec le pilote dans l'aéronef à l'étude et savaient comment monter à bord, utiliser et verrouiller la porte cabine principale, ranger les bagages et attacher les harnais de sécurité.

L'aéronef a décollé de CYBW à 10 h 13<sup>1</sup> selon un plan de vol IFR et s'est dirigé vers CZVL à une altitude de 16 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL).

Trente minutes après le début de cette étape du vol, le pilote a demandé que la destination prévue au plan de vol soit modifiée de CZVL à l'aérodrome de Westlock (CES4) (Alberta), car les conditions météorologiques à cet endroit répondaient aux critères de conditions météorologiques de vol à vue, ce qui permettrait une approche selon les règles de vol à vue (VFR). Au moment de l'événement, CES4 ne disposait pas de procédure d'approche aux

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins 6 heures).

instruments<sup>2</sup>. Le contrôleur terminal d'Edmonton a approuvé le changement, et le vol a été autorisé à se rendre directement à CES4 en vol à vue.

L'aéronef s'est approché de CES4 par le sud (figure 1) et, à 10 h 59 min 40 s, a survolé l'aérodrome à mi-longueur, à une altitude d'environ 1250 pieds au-dessus du sol (AGL)<sup>3</sup> et à une vitesse indiquée de 126 nœuds (KIAS), avec le train d'atterrissage sorti et les volets réglés en position de décollage (10°)<sup>4</sup>. L'aéronef s'est ensuite incliné à droite pour rejoindre l'étape vent arrière de droite.

Figure 1. Image montrant l'approche de l'aérodrome de Westlock dans l'événement à l'étude; les lettres encadrées correspondent à celles de la figure 2 (Source : Google Earth, avec annotations du BST)

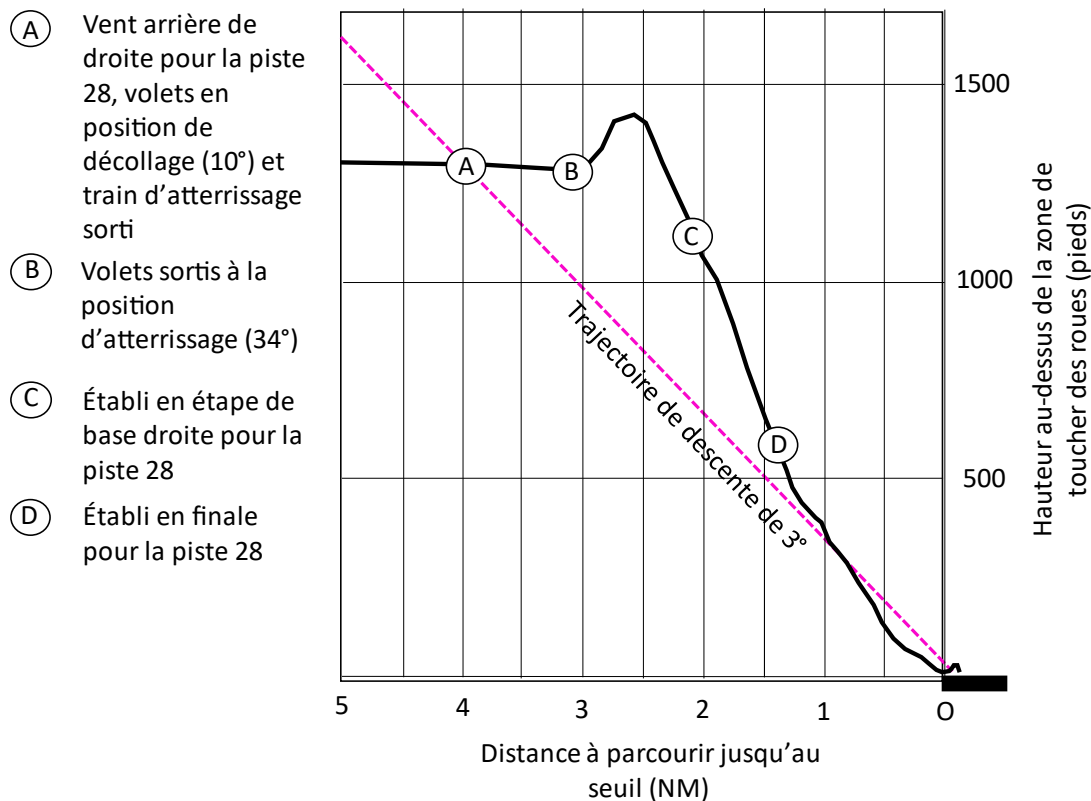


Alors que l'aéronef effectuait un virage à droite pour rejoindre l'étape de base, les volets ont été abaissés en position d'atterrissage (34°<sup>5</sup>, réglage pleins volets) et l'aéronef est monté à

- <sup>2</sup> À compter du 3 novembre 2022, NAV CANADA a publié une approche de navigation de surface aux minimums de performance d'alignement de piste avec guidage vertical (RNAV LPV) sur la piste 10 et la piste 28. (Source : Westlock Airport, « Instrument Approaches Now Available! », à l'adresse <http://westlockairport.ca/2022/11/03/instrument-approaches-now-available/> [dernière consultation le 22 mars 2023]).
- <sup>3</sup> Le circuit d'aérodrome est normalement effectué à 1000 pieds au-dessus de l'altitude de l'aérodrome. (Source : Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), RAC – Règles de l'air et services de la circulation aérienne (7 octobre 2021), section 4.5.2. : Procédures relatives aux circuits aux aérodromes non contrôlés)
- <sup>4</sup> L'enregistreur de données léger (LDR) LDR1000 a enregistré une position des volets de 9°. Voir l'annexe A – *Tracé des données de vol d'approche*. Dans le manuel d'utilisation de l'aéronef TBM 910 (*TBM 910 Pilot's Operating Handbook*), cette valeur est décrite comme étant de 10° et désignée comme étant le réglage du décollage.
- <sup>5</sup> La position des volets enregistrée par le LDR1000 était de 33,5°. Voir l'annexe A – *Tracé des données de vol à l'approche*. Dans le manuel d'utilisation de l'aéronef TBM 910 (*TBM 910 Pilot's Operating Handbook*), cette valeur est décrite comme étant de 34°.

une altitude de 1400 pieds AGL (figure 2). En étape de base, l'aéronef se déplaçait à 104 KIAS, avec un réglage de couple à 36 % et un taux de descente de 1200 pi/min.

Figure 2. Graphique représentant la trajectoire de descente de l'aéronef, d'après les données obtenues de l'enregistreur de données de vol (Source : BST)



À 11 h 01 min 20 s, le pilote est sorti du virage à droite et a amorcé l'approche finale sur le prolongement de l'axe de la piste 28. L'aéronef se trouvait à 1,4 mille marin (NM) du seuil de la piste 28, à une hauteur de 631 pieds au-dessus de l'altitude d'atterrissage. À ce moment, une trajectoire de descente de 3,9° aurait été nécessaire pour franchir le seuil à 50 pieds AGL, ce qui est nettement plus prononcé qu'une trajectoire de descente optimale ou typique de 3°. La vitesse indiquée de l'aéronef était de 104 nœuds et l'assiette en tangage était de 9° en piqué. Le taux de descente était de 1500 pi/min, et la puissance du moteur était réglée à un couple de 11 % (annexe A).

L'approche finale a été effectuée à vue, sans guidage vertical externe à partir d'un indicateur visuel de pente d'approche, car ce système n'était pas installé à CES4, et sans l'aide d'un

<sup>6</sup> Les descentes en aviation sont calculées en fonction d'un ratio de descente de 3:1 (trajectoire de descente de 3°). Comme l'explique la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis, [traduction] « une trajectoire de descente optimale couramment citée suit le principe "3:1". Ce principe, également considéré comme un ratio de descente, signifie que pour 3 milles marins (NM) parcourus au-dessus du sol, l'aéronef devrait descendre de 1000 pieds. Ce profil de trajectoire de vol simule une trajectoire de descente de 3°. » (Source : Federal Aviation Administration [FAA], FAA Safety Team [FAASTeam], Fact sheet AFS-850 20-04, « Stabilized Approach and Landing », à l'adresse : [https://www.faa.gov/news/safety\\_briefing/2018/media/se\\_topic\\_18-09.pdf](https://www.faa.gov/news/safety_briefing/2018/media/se_topic_18-09.pdf) [dernière consultation le 25 février 2023]).



guidage vertical sur l'écran principal de vol, car il n'y a pas de procédure d'approche aux instruments à CES4.

À 11 h 01 min 23 s, le pilote a fait un appel radio pour signaler que l'aéronef était en approche finale pour effectuer un atterrissage avec arrêt complet. À 11 h 01 min 27 s, alors que l'aéronef se trouvait à environ 1,25 NM de la piste, l'alarme sonore d'altitude du système d'avertissement a indiqué que l'appareil se trouvait à une altitude de 500 pieds AGL. À ce moment, l'aéronef descendait à un taux de 1000 pi/min dans une assiette en piqué de 8°. Sa vitesse était de 103 KIAS et le couple était réglé à 10 %.

De façon générale, pendant les 40 premières secondes de l'approche, la valeur de couple moteur est demeurée inférieure à 14 %. Au même moment, l'angle de tangage a augmenté de 8° (passant de 9° en piqué à 1° en piqué), et la vitesse indiquée a diminué de 23 nœuds, pour descendre à 81 nœuds.

Alors que l'aéronef se trouvait à 1 NM en finale à une altitude de 350 pieds AGL, il a commencé à descendre sous la trajectoire de descente optimale de 3° (figure 2). Lorsqu'il a atteint une altitude de 100 pieds AGL, à 0,45 NM de la piste, il descendait à un taux de 500 pi/min dans une assiette horizontale et à une vitesse anémométrique de 80 KIAS. À ce moment, le couple moteur a été augmenté de 14 % à 24 % en 6 secondes. Pendant cette augmentation de la puissance du moteur, le système d'alerte sonore a émis un seul avertissement de décrochage (« STALL »), alors que la vitesse anémométrique diminuait à 78 KIAS. À 600 pieds du seuil de la piste, l'aéronef se trouvait à une altitude de 18 pieds AGL, descendait à un taux de 350 pi/min et décélérait, passant sous les 70 KIAS. À ce moment, l'angle de tangage a commencé à augmenter et le système d'alerte a annoncé un avertissement sonore de vitesse anémométrique (« AIRSPEED »), car la vitesse était tombée en dessous de 70 KIAS.

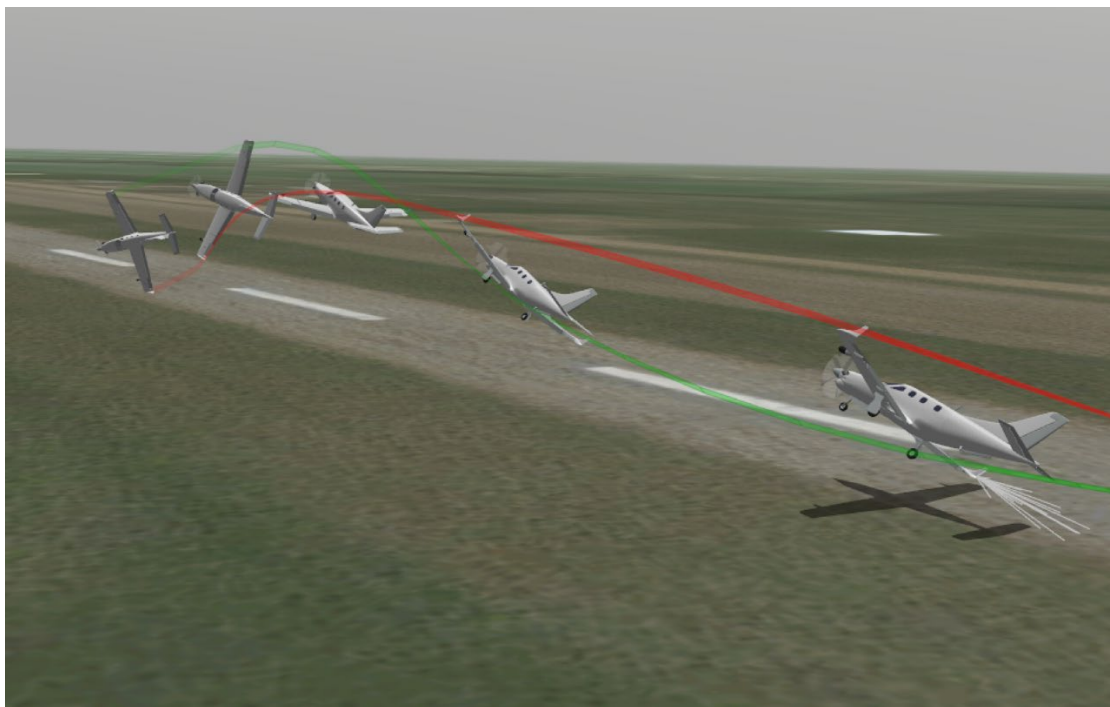
Lorsque l'aéronef est descendu à 1 pied au-dessus du sol, mais ne se trouvait pas encore au-dessus de la surface revêtue de la piste 28, le système d'alerte sonore a émis 2 avertissements de décrochage successifs. La vitesse indiquée avait chuté à 66 nœuds, alors que l'assiette en tangage de l'aéronef augmentait à un angle en cabré de 11° et que la valeur de couple moteur était de 15 %. L'assiette en tangage et le couple moteur sont demeurés à ces valeurs jusqu'à 11 h 02 min 26 s, quand l'aéronef a effectué son toucher des roues initial au tout début de la zone revêtue de la piste 28, à environ 200 pieds avant le seuil.

Après le toucher des roues initial, l'aéronef a fait un rebond et a repris l'air. Lorsque l'aéronef a rebondi, la puissance du moteur a été augmentée à sa pleine puissance. L'aéronef a brièvement touché la piste une nouvelle fois, à environ 34 pieds à gauche de l'axe de piste. À ce moment, le couple augmentait au-delà de 70 %, l'assiette en roulis augmentait vers la droite et la vitesse anémométrique augmentait, passant au-delà de 69 nœuds. Le système d'alerte sonore a de nouveau émis un avertissement de décrochage.

L'aéronef a continué de s'incliner à droite jusqu'à atteindre un angle de  $43,5^\circ$ . À ce moment, le couple moteur passait au-delà de 83 %. Pendant le mouvement de roulis, l'extrémité de l'aile droite a raclé le sol (figure 3 et annexe B).

Après le contact de l'extrémité de l'aile droite avec la piste, le roulis s'est inversé et a augmenté jusqu'à dépasser un angle d'inclinaison de  $5^\circ$  vers la gauche alors que l'aéronef s'approchait de l'axe et commençait à se cabrer jusqu'à un angle de  $24^\circ$ . L'aéronef a grimpé de 28 pieds et le système avertisseur de décrochage s'est de nouveau déclenché en émettant des avertissements de décrochage répétés. L'aéronef a continué son roulis vers la gauche et a commencé à descendre, après quoi l'aile gauche est entrée en contact avec la surface de la piste et s'est rompue. Le mouvement de roulis s'est poursuivi et, à 11 h 02 min 34 s, l'aéronef a heurté le sol en position inversée, est sorti de la piste 28 en glissant vers le sud, et s'est immobilisé dans l'herbe à environ 50 pieds du bord sud de la piste.

Figure 3. Images fixes tirées d'une reconstitution animée de l'événement basée sur les données de la trajectoire de vol (Source : BST)



Les passagers portaient tous leur ceinture sous-abdominale et sont demeurés dans leur siège. Seul le passager assis dans le siège gauche orienté vers l'avant, à l'arrière de la cabine, portait la ceinture-baudrier disponible. Ce passager et celui qui occupait le siège voisin orienté vers l'avant ont subi des blessures mineures; ils n'ont eu aucun problème à détacher leur ceinture et à sortir de leur siège. Lors de l'impact, la partie supérieure du torse non retenue de la passagère assise dans le siège droit orienté vers l'arrière, au milieu de la cabine, s'est tordue vers sa droite lorsque le côté gauche de l'aéronef a percuté la piste. La passagère a heurté des bagages non arrimés rangés à côté de son siège et a été heurtée par d'autres articles de cabine non arrimés qui ont été projetés vers l'avant. Elle a subi des blessures graves, a été désorientée et a donc reçu l'aide d'un autre passager pour détacher sa ceinture sous-abdominale.

L'un des passagers a déverrouillé la porte cabine principale et a tenté de l'ouvrir. La porte était légèrement coincée, mais elle s'est finalement ouverte grâce à un coup de pied du passager et avec l'aide de témoins qui étaient arrivés sur les lieux de l'accident. Les passagers ont pu sortir de l'aéronef sans autre problème.

Le pilote portait sa ceinture sous-abdominale, mais pas la ceinture-baudrier disponible munie de coussins gonflables. Lors de l'impact, les coussins gonflables des ceintures-baudriers du poste de pilotage (siège gauche et siège droit inoccupé) se sont déployés. Le pilote s'est heurté la tête contre le plafond et la structure du cadre de la porte pilote et a subi des blessures graves qui ont changé sa vie. Il est resté coincé dans le poste de pilotage pendant environ 2 heures avant que les premiers intervenants le sortent de l'épave.

Il n'y a eu aucun incendie après l'impact. Un signal de la radiobalise de repérage d'urgence (ELT) de l'aéronef a été détecté par le Centre canadien de contrôle des missions, et cette information a été transmise au Centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) à Trenton (Ontario).

## 1.2 Personnes blessées

Le pilote a été grièvement blessé. Les 2 passagers assis dans les sièges arrière orientés vers l'avant ont été légèrement blessés. La passagère occupant le siège orienté vers l'arrière, au milieu de la cabine, a été grièvement blessée.

Tableau 1. Personnes blessées

Gravité des blessures	Membres d'équipage	Passagers	Personnes ne se trouvant pas à bord de l'aéronef	Total selon la gravité des blessures
Mortelles	0	0	–	0
Graves	1	1	–	2
Légères	0	2	–	2
Total des personnes blessées	1	3	–	4

## 1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été lourdement endommagé par son contact avec la piste alors qu'il était en position inversé ainsi que par les forces d'impact subséquentes.

## 1.4 Autres dommages

Les feux de piste et les réflecteurs de feux de piste de la piste 28 à CES4 ont été endommagés pendant l'accident. De plus, du carburant s'est déversé sur la piste lorsque l'aile gauche s'est rompue lors de l'impact.

## 1.5 Renseignements sur le personnel

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote privé pour avions terrestres monomoteurs et multimoteurs et pour hélicoptères ainsi que d'une qualification de vol aux instruments du groupe 3. Il avait suivi la formation sur type<sup>7</sup> pour le TBM700 N<sup>8</sup> en juin 2019; toutefois, Transports Canada (TC) n'avait aucun dossier sur cette formation, et le document de licence du pilote ne mentionnait pas la qualification de type requise. Une copie de la lettre d'attestation de la formation qui avait été envoyée à TC a été fournie pour l'enquête, démontrant que le pilote avait reçu une formation sur type pour le TBM700 N. Un examen du carnet de bord de l'aéronef et du carnet des licences du pilote a permis de confirmer que le pilote répondait aux exigences de mise à jour des connaissances de l'article 401.05 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). La licence du pilote était validée par un certificat médical de catégorie 3 à jour. Le dernier contrôle des compétences de vol aux instruments du pilote avait été effectué le 6 octobre 2020 et était valide jusqu'au 6 octobre 2022.

L'enquête n'a pas permis d'établir le nombre exact d'heures de vol du pilote. Bien que le carnet de vol du pilote n'ait pas été retrouvé, un examen du carnet de route de l'aéronef de l'événement à l'étude a révélé que le pilote avait accumulé 235 heures de vol à bord de cet aéronef, dont 15,3 heures dans les 90 jours précédant l'accident. Le pilote avait également été propriétaire d'un aéronef TBM700 N de 2008 à 2011. L'enquête n'a pas permis de déterminer le nombre d'heures de vol accumulées par le pilote aux commandes de cet appareil précédent.

---

<sup>7</sup> Selon le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), un avion dont la vitesse maximale est de 250 KIAS ou plus est considéré comme un avion à hautes performances. Une qualification de type pour l'avion correspondant à cette désignation exige que le demandeur reçoive une instruction théorique au sol sur le type d'avion visé et qu'il réussisse un vol de qualification sous la supervision d'une personne qualifiée. (Source : Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 400.01[1] et norme 421, alinéa 421.40[3]c)

<sup>8</sup> Le manuel d'utilisation de l'aéronef TBM700 N (TBM 910) indique que la vitesse maximale admissible en exploitation de l'aéronef est de 266 KIAS, ce qui le place dans la catégorie des avions à hautes performances. (Source : Daher, *TBM 910 Pilot's Operating Handbook*, révision 5 [15 décembre 2020], section 2.2 : Airspeed Limitations, p. 2.2.1.)

Tableau 2. Renseignements sur le pilote

Licence de pilote	Licence de pilote privé – avion (terrestre monomoteur et multimoteurs), licence de pilote privé – hélicoptère
Qualifications de type	C25BS, R66
Date d'expiration du certificat médical	1 <sup>er</sup> octobre 2023
Heures de vol – total	Environ 3000
Heures de vol sur type	235*
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	2
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	5,2
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	15,3
Heures de vol sur type au cours des 90 derniers jours	15,3

\* Ce total représente seulement les heures de vol à bord de l'aéronef de l'événement à l'étude et n'inclut pas les heures de vol que le pilote de l'aéronef à l'étude a pu accumuler sur l'aéronef TBM700 N qu'il possédait auparavant.

### 1.5.1 Formation sur l'aéronef TBM700

Une formation initiale et périodique sur l'aéronef de série TBM700 N est disponible auprès de Daher, SIMCOM et d'autres prestataires de formation privés. Le pilote de l'aéronef à l'étude avait suivi le programme de formation initiale de SIMCOM en 2018 et avait reçu de la formation périodique dispensée par un formateur privé en 2019, 2020 et 2021.

Le programme de formation périodique administré par le prestataire de formation privé comprenait les éléments suivants :

- la perte de pression cabine;
- le mode de descente forcée;
- la descente forcée sans le mode de descente forcée;
- les virages serrés;
- les décrochages;
- les pannes de système;
- les approches interrompues.

### 1.6 Renseignements sur l'aéronef

Le Daher TBM700 N (TBM 910) est un aéronef pressurisé à turbopropulseur de 6 places, entièrement métallique, à voilure basse et à hautes performances.

Le TBM700 N est produit en vertu du certificat de type TBM700. TBM700 N est la désignation du modèle d'aéronef, qui a été construit sous le nom de production initial TBM 850. Le TBM 850 était muni d'un moteur PT6A-66D de 850 hp fabriqué par Pratt & Whitney Canada. Le TBM 900 est une version bonifiée du TBM 850, qui comporte diverses améliorations aérodynamiques, notamment des ailettes de bout d'aile, un dispositif

d'admission repensé et une suite avionique G1000 de Garmin. Le TBM 910 (le nom de production de l'aéronef de l'événement à l'étude) a été lancé en 2017 pour succéder au TBM 900. L'avionique a été mise à niveau avec la suite avionique G1000 NXi de Garmin.

L'aéronef de l'événement à l'étude a été construit en 2017. L'enquête n'a pas permis de déceler de défaillances techniques qui auraient empêché l'aéronef de fonctionner normalement pendant le vol à l'étude. En juillet 2022, il y avait 25 aéronefs de la série TBM700 immatriculés au Canada<sup>9</sup>.

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Daher
Type, modèle et immatriculation	TBM700 N, C-FFYM
Année de construction	2017
Numéro de série	1190
Date d'émission du certificat de navigabilité	17 novembre 2018
Total d'heures de vol cellule	449
Type de moteur (nombre)	PT6A-66D de Pratt & Whitney Canada (1)
Type d'hélice (nombre de pales)	HC-E5N-3C de Hartzell (5)
Masse maximale autorisée au décollage	3353,86 kg
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A

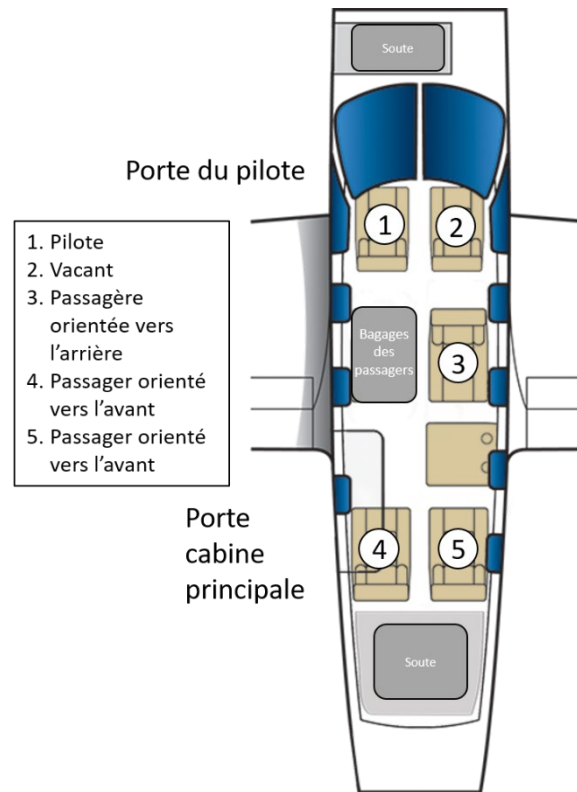
<sup>9</sup> Transports Canada, Registre d'immatriculation des aéronefs civils canadiens Web, à l'adresse : <https://www.wapps.tc.gc.ca/saf-sec-sur/2/ccarcs-riacc/RchSimp.aspx?lang=fra> (dernière consultation le 22 février 2023).

## 1.6.1 Configuration de sièges de l'aéronef

Le poste de pilotage du TBM700 N est configuré avec 2 sièges avant (figure 4) montés sur des rails fixés à la structure du plancher.

La cabine passagers de l'aéronef de l'événement à l'étude était configurée avec 3 sièges<sup>10</sup>. Cette configuration de sièges comprenait 2 sièges individuels orientés vers l'avant, situés à l'arrière de la cabine, et 1 siège passager orienté vers l'arrière, situé au milieu de la cabine, derrière le siège droit du poste de pilotage. Le 4<sup>e</sup> siège, un siège orienté vers l'arrière situé derrière le siège gauche du poste de pilotage, avait été retiré pour pouvoir accueillir une cage de voyage pour animal de compagnie et les bagages des passagers. Tous les sièges de la cabine étaient montés sur les mêmes rails que les sièges du poste de pilotage.

Figure 4. Configuration de la cabine et occupation des sièges de l'aéronef de l'événement à l'étude (Source : TBM\_6\_seats par Larre\_anthony, à l'adresse [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TBM\\_6\\_seats.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TBM_6_seats.png), utilisée sous licence CC BY-SA 3.0, avec annotations du BST)



<sup>10</sup> Configuration C11. (Source : Daher, *TBM 910 Pilot's Operating Handbook*, révision 5 [15 décembre 2020], section 7 : Description, p. 7.3.31.)

## 1.6.2 Ensembles de retenue

### 1.6.2.1 Ceintures de sécurité pour l'équipage

Chaque siège du poste de pilotage était muni d'un ensemble de retenue à 4 points (figure 5) composé d'une ceinture sous-abdominale réglable et d'une ceinture-baudrier à 2 sangles et à enrouleur à inertie dotées de coussins gonflables. Les coussins gonflables sont gonflés par 2 gonfleurs situés sous le carénage du dossier, qui sont activés par un accéléromètre fixé sous le panneau de plancher devant le siège. Dans les publications de Daher, les ceintures de sécurité sont désignées par le terme « seat belts » (ceintures de siège). Selon le manuel d'utilisation de l'aéronef TBM 910, [traduction] « [e]n présence de coussins gonflables, les ceintures des sièges inoccupés doivent être attachées. Il est interdit d'effectuer un vol sans attacher ces ceintures<sup>11</sup>. » La préoccupation vient du fait qu'en cas de déploiement accidentel des coussins gonflables, leur déploiement pourrait gêner le pilote dans ses manœuvres.

Le pilote portait la ceinture sous-abdominale, mais il ne portait pas la ceinture-baudrier dotée de coussins gonflables au moment de l'accident. La ceinture de sécurité du siège droit inoccupé du poste de pilotage n'était pas bouclée.

Figure 5. Ensemble de retenue du siège d'équipage avec coussins gonflables intégrés aux ceintures-baudriers (sièges retirés de l'aéronef) (Source : Daher TBM)



### 1.6.2.2 Ceintures de sécurité pour les passagers

Chaque siège passager était muni d'un ensemble de retenue à 3 points composé d'une ceinture sous-abdominale réglable et d'une ceinture-baudrier à enrouleur à inertie traversant le torse en diagonale.

Les passagers portaient tous la ceinture sous-abdominale fournie. Seul le passager assis dans le siège orienté vers l'avant, à l'arrière gauche de la cabine, portait la ceinture-baudrier fournie.

## 1.6.3 Avionique G1000 NXi de Garmin

L'aéronef était doté de la suite avionique G1000 NXi de Garmin. La suite intègre l'ensemble de l'avionique, 3 écrans de vol à haute résolution, un panneau de commande réservé au pilotage automatique, un clavier de saisie de données et des options de connectivité sans fil avec des appareils électroniques personnels.

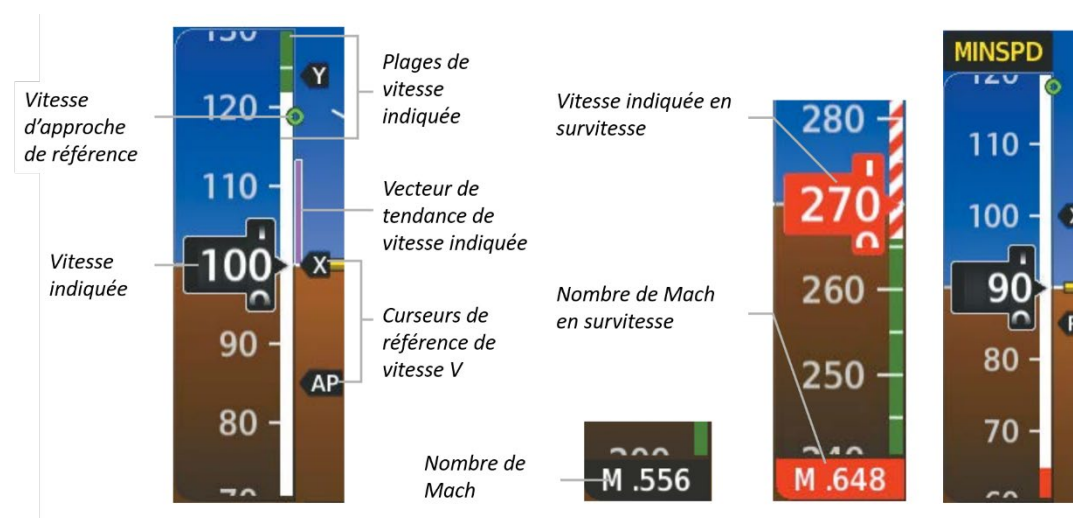
<sup>11</sup> Ibid., section 4 : Normal procedures, p. 4.4.17.



### 1.6.3.1 Anémomètre

L'anémomètre de l'écran principal de vol affiche la vitesse indiquée sur une règle verticale graduée faisant défiler les vitesses (figure 6). Une bande de plages de vitesses à code de couleur (blanc, vert et hachuré rouge-blanc) est située sur la règle défilante. Les couleurs indiquent la plage d'utilisation avec volets, la plage d'exploitation normale et la vitesse maximale admissible en exploitation. En outre, il y a une plage rouge permettant d'attirer l'attention du pilote en cas de basse vitesse.

Figure 6. Anémomètre G1000 de Garmin (Source : Garmin G1000 NXi Pilot's Guide – Socata TBM 910, traduction par le BST)



Le cercle vert vide contrôlé par le calculateur d'angle d'attaque est l'indication de la vitesse d'approche de référence. Il indique [traduction] « une vitesse anémométrique approximative de 1,3 fois la vitesse de décrochage pour la masse, la charge  $g^{12}$  et la configuration de l'aéronef à ce moment-là<sup>13</sup> ». La vitesse d'approche de référence est la plus précise lorsque l'aéronef est près de la vitesse d'approche; le cercle se déplace en fonction de l'assiette de l'avion et du braquage des volets. Lorsque l'aéronef effectue un virage, il indique une vitesse qui offre une marge de sécurité par rapport à la vitesse de décrochage, semblable à celle offerte par la vitesse d'approche en vol en palier<sup>14</sup>.

### 1.6.3.2 Stabilité et protection électroniques

La fonction du système de stabilité et de protection électroniques (Electronic Stability and Protection ou ESP) est expliquée dans le guide du pilote Garmin : [traduction]

Le système Electronic Stability and Protection (ESPM<sup>MC</sup>) de Garmin est conçu pour fournir des commandes automatiques afin d'empêcher l'utilisation de l'aéronef au-

<sup>12</sup> La mesure normale de la charge  $g$  sur un objet est le facteur de charge, exprimé sous forme de multiple de la force  $g$  (gravité), lequel correspond au rapport entre la force subie en raison de l'accélération et la force qui existerait si cet objet était au repos à la surface de la Terre.

<sup>13</sup> Garmin Ltd., *Garmin G1000 NXi Pilot's Guide – Socata TBM 910*, révision B (2017), section 2.1 : Flight Instruments, p. 50.

<sup>14</sup> Ibid.

delà de son domaine de vol normal. Le Garmin ESP<sup>MC</sup> permet de maintenir le tangage, le roulis et la vitesse anémométrique dans les limites en enclenchant automatiquement une ou plusieurs servocommandes lorsque l'aéronef s'approche d'une de ces limites. Bien que l'ESP<sup>MC</sup> utilise les mêmes capteurs, processeurs et vérins que le pilote automatique, il s'agit d'une fonction distincte. Le système ESP<sup>MC</sup> ne fonctionne que lorsque le pilote automatique n'est pas embrayé et que l'aéronef se trouve à une altitude supérieure à 200 pieds AGL<sup>15</sup>.

#### 1.6.4 Performances d'atterrissage de l'aéronef

D'après les conditions météorologiques et la masse de l'aéronef au moment de l'accident (altitude-densité de 2084 pieds, vent de face de 10 nœuds et masse de l'aéronef de 6590 livres), les enquêteurs du BST ont calculé qu'un atterrissage pleins volets à CES4 exige une distance d'atterrissage de 2175 pieds sur une piste en dur, plane et sèche. Ces données sont fondées sur une vitesse d'approche normale de 85 KIAS et une vitesse de toucher des roues de 78 KIAS.

#### 1.6.5 Procédure de remise des gaz de l'aéronef TBM 910

Le manuel d'utilisation de l'aéronef TBM700 N (TBM 910) décrit la procédure à suivre en cas de remise des gaz (annexe C). Cette procédure s'applique également en cas d'atterrissage interrompu (voir la section 1.18.3 – *Atterrissage interrompu* du présent rapport).

En résumé, le pilote doit appuyer sur le bouton-poussoir de remise des gaz pour régler le directeur de vol à un angle de 10° en cabré, appliquer la puissance de décollage, maintenir la maîtrise en direction avec la gouverne de direction à droite, adopter une assiette de 10° en cabré et rentrer les volets à un angle de braquage de 10°. Lorsqu'un taux de montée positif est constaté et que la vitesse est égale ou supérieure à 90 KIAS, le train d'atterrissage devrait être mis en position UP (rentrée). Une fois que l'aéronef a dépassé une vitesse de 115 KIAS, les volets devraient être rentrés à un angle de braquage de 0°.

### 1.7 Renseignements météorologiques

La carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique (GFA) émise pour la région des Prairies à 5 h 27 indiquait qu'à partir de 6 h, CES4 serait sous l'influence d'un front froid se déplaçant vers l'est-sud-est à 10 nœuds. Un passage frontal était prévu dans la zone de CES4 avant l'arrivée de l'aéronef. Selon la GFA, après le passage frontal, on prévoyait des nuages fragmentés à 4000 pieds ASL dont les sommets atteindraient 8000 pieds ASL, et des plafonds épars à 1200 pieds AGL.

La carte Givrage, turbulence et niveau de congélation de la GFA émise à 5 h 27 indiquait qu'à 6 h, pour la zone de CES4, il y aurait de la turbulence mécanique modérée par endroits depuis la surface du sol jusqu'à 3000 pieds ASL. De 5000 pieds ASL à 14 000 pieds ASL, il y aurait possibilité de givrage mixte modéré par endroits.

<sup>15</sup> Ibid., section 8.9 : Electronic Stability and Protection (ESP<sup>TM</sup>), p. 506.

La station d'observation météorologique pour l'aviation la plus proche était CZVL, à 24 NM au sud de CES4.

Les prévisions d'aérodrome (TAF) pour CZVL émises à 5 h 40 indiquaient qu'à partir de 9 h, les conditions météorologiques seraient les suivantes :

- vents soufflant du 320° vrais à 15 nœuds avec rafales à 25 nœuds;
- visibilité supérieure à 6 milles terrestres (SM);
- quelques nuages à 2000 pieds AGL, et plafond couvert à 6000 pieds AGL;
- temporairement entre 9 h et 13 h, visibilité de 5 SM dans des averses de pluie légères et de la brume et plafond de nuages fragmentés à 2000 pieds AGL avec couvert nuageux à 4000 pieds AGL.

Le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) automatisé pour CZVL émis à 11 h indiquait ce qui suit :

- vents soufflant du 290° vrais à 14 nœuds avec rafales à 20 nœuds;
- visibilité de 9 SM dans de la faible pluie;
- plafond de nuages fragmentés à 5500 pieds AGL et ciel couvert à 6500 pieds AGL.

## **1.8 Aides à la navigation**

Sans objet.

## **1.9 Communications**

Sans objet.

## **1.10 Renseignements sur l'aérodrome**

CES4 est un aérodrome enregistré appartenant à la Ville de Westlock et au Comté de Westlock. Il s'agit d'un aérodrome non contrôlé qui dispose de 1 piste est/ouest (piste 10/28). L'altitude de l'aéroport est de 2250 pieds ASL. La piste asphaltée mesure 3000 pieds de long sur 75 pieds de large, et les seuils des pistes 10 et 28 sont décalés de 200 pieds. La piste est équipée de feux de seuil et d'extrémité de piste et de feux de bord de piste d'intensité moyenne. Au moment de l'événement, il n'y avait pas de procédure d'approche aux instruments à CES4. En novembre 2022, NAV Canada a publié une approche de navigation de surface aux minimums de performance d'alignement de piste avec guidage vertical (RNAV-LPV) pour la piste 10 aussi bien que la piste 28.

L'aérodrome ne dispose pas de véhicules d'intervention d'urgence ou de lutte contre les incendies sur place.

Au moment de l'événement, aucun avis aux aviateurs (NOTAM) n'avait été émis pour l'aérodrome.

## 1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef n'était muni ni d'un enregistreur de données de vol, tel que défini à l'article 605.33 du RAC, ni d'un enregistreur de la parole dans le poste de pilotage, tel que défini à l'article 605.34 du RAC, et la réglementation en vigueur ne l'exigeait pas.

### 1.11.1 Enregistreur de données léger (LDR1000)

L'aéronef à l'étude était équipé d'un enregistreur de données léger (LDR) LDR1000, qui est un système à l'épreuve des écrasements permettant d'enregistrer les données de vol et 2 canaux de données audio du poste de pilotage.

Un système d'enregistrement des données de vol léger est un système qui répond à la norme de performance opérationnelle minimale ED-155 de l'Organisation européenne pour l'équipement électronique de l'aviation civile (EUROCAE). Contrairement aux enregistreurs de données de vol classiques<sup>16</sup> installés sur la plupart des gros aéronefs commerciaux, le système d'enregistrement des données de vol léger ED-155 est installé à bord des aéronefs plus petits et répond généralement à des exigences moins rigoureuses en matière de capacité de résistance aux écrasements.

Le LDR de l'événement à l'étude a été retiré et envoyé au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario) pour que les données soient téléchargées et analysées. L'enregistrement audio du LDR a été jugé de bonne qualité.

Les données des 524 atterrissages précédents, en plus de l'atterrissage de l'événement à l'étude, ont également été téléchargées à partir du LDR aux fins d'observation et d'analyse. Selon les données analysées, rien n'indique que le pilote contrôlait régulièrement le taux de descente pendant l'approche en agissant sur les commandes de tangage.

## 1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Après l'accident, l'épave a été examinée à CES4 avec la participation d'un enquêteur en sécurité du constructeur de l'aéronef. Toutes les ruptures de la cellule, toutes les conduites et tous les composants du circuit de carburant et du circuit hydraulique ainsi que toutes les commandes de vol ont été examinés afin de déterminer la continuité et les modes de défaillance. Aucune défectuosité préexistante n'a été décelée.

## 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

### 1.13.1 Fatigue

Selon les renseignements recueillis pendant l'enquête, rien n'indique que la fatigue ait nui au rendement du pilote.

<sup>16</sup> Conforme à la norme ED-112A de l'Organisation européenne pour l'équipement électronique de l'aviation civile.

### 1.13.2 Médicament d'ordonnance du pilote

En juillet 2021, le médecin de famille du pilote lui a prescrit un médicament psychostimulant, à prendre au besoin, qui n'était pas approuvé par la Direction de la médecine aéronautique civile de TC. Le médecin de famille n'a pas signalé la prise de ce médicament au médecin examinateur de l'aviation civile (MEAC), car il a estimé que le pilote ne présentait aucun risque pour la sécurité aérienne.

Les pilotes doivent indiquer dans leur formulaire de rapport médical de TC toutes les visites chez un professionnel de la santé et les médicaments qu'ils prennent (sur ordonnance ou en vente libre). Le pilote n'a pas mentionné la prise de ce médicament au MEAC lors de son dernier examen médical de l'aviation civile, qui a eu lieu 3 semaines avant l'événement à l'étude.

À la suite de l'accident, lorsque le bureau agent médical régional de l'aviation (AMRA) a appris que le pilote prenait ce médicament d'ordonnance, le médecin régional, aviation a suspendu le certificat médical du pilote.

### 1.13.3 Certificats médicaux d'aviation de Transports Canada

L'activité principale de la Direction de la médecine aéronautique civile de TC est d'effectuer les évaluations médicales requises pour l'agrément du personnel aéronautique autorisé. Selon la norme 424 du RAC :

[Le certificat médical] est délivré par le ministre des Transports par l'intermédiaire du bureau du directeur régional des Licences d'aviation [...]

(i) à la réception d'un rapport d'examen médical, à condition que le demandeur satisfasse aux normes pour la licence voulue, et qu'il ait été jugé apte ou apte sous réserve d'une limite ou d'une restriction recommandée par le personnel médical de la Division de la médecine aéronautique civile[...]<sup>17</sup>.

#### 1.13.3.1 Examen médical de l'aviation civile

L'examen médical vise à déterminer si le demandeur satisfait aux normes qui s'appliquent à la délivrance du certificat médical nécessaire pour valider une licence de pilote. TC se préoccupe surtout de la gestion des risques pour la sécurité aérienne, comme le risque d'incapacité, pendant la période de validité de la licence et, au besoin, peut demander un examen médical plus approfondi.

Pour obtenir ou faire renouveler un certificat médical, le demandeur doit subir un examen médical effectué par un MEAC. La norme 424 du RAC exige que le MEAC examine attentivement le pilote et stipule également que l'examen « doit être suffisamment approfondi pour déterminer si le demandeur répond aux exigences propres à la catégorie de certificat médical dont le renouvellement ou la délivrance est demandée<sup>18</sup> ».

<sup>17</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 424 : Exigences médicales, alinéa 424.04(1)b).

<sup>18</sup> Ibid., paragraphe 424.17(3).

TC fournit aux MEAC le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*<sup>19</sup>, qui contient des directives sur la façon d'effectuer des examens médicaux et d'évaluer l'état de santé des intéressés. Au cours de l'examen médical, les MEAC doivent remplir un Rapport d'examen médical de l'Aviation civile, dont l'original devrait être envoyé à leur bureau régional pour que l'AMRA l'examine, au besoin.

Pour les certificats médicaux de catégorie 3 des pilotes privés, les pilotes sont tenus de renouveler leur certificat médical de TC – et donc de se soumettre à un examen médical de TC – tous les 60 mois. Si le pilote est âgé de plus de 40 ans, cette fréquence est portée à tous les 24 mois<sup>20</sup>. Le pilote de l'aéronef à l'étude, qui était âgé de 60 ans, s'était présenté tous les 24 mois pour passer un examen médical de TC.

### 1.13.3.2 Responsabilités des médecins de famille en matière de déclaration

Aux termes de la *Loi sur l'aéronautique*<sup>21</sup>, les médecins qui ont des motifs raisonnables de croire qu'un patient est titulaire d'un document d'aviation canadien et qu'il est susceptible, pour des raisons médicales, de constituer un risque pour la sécurité aérienne sont tenus de le signaler à TC.

En juillet 2021, le pilote s'est fait prescrire par son médecin de famille un médicament qui n'était pas approuvé pour les titulaires de licence d'équipage de conduite. Aucun document relatif à la prescription de ce médicament n'avait été envoyé au MEAC ayant le plus récemment examiné le pilote ni n'avait été demandé par ce MEAC.

Le médecin de famille du pilote savait que le patient était un pilote breveté et n'a pas signalé au MEAC la prise du médicament d'ordonnance parce qu'il a estimé que le pilote ne présentait aucun risque pour la sécurité aérienne étant donné qu'il prenait le médicament au besoin.

Depuis 2000, il y a eu 8 accidents, y compris celui à l'étude, où un des faits établis quant aux risques concernait des pilotes qui avaient des problèmes médicaux influant sur la sécurité aérienne mais qui n'avaient pas été signalés à TC<sup>22</sup>. Dans ces accidents, 10 personnes ont perdu la vie, et 7 ont été grièvement blessées.

Le 11 janvier 2023, dans la foulée de son rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0089 indiquant que le médecin de famille du pilote n'avait pas informé TC de médicaments prescrits, le BST a émis l'Avis de sécurité du transport aérien A21W0089-D2-A1. L'avis indiquait à TC que tous les médecins ne sont pas conscients de l'exigence de déclarer les problèmes médicaux de leurs patients titulaires d'une licence de pilote. Il

<sup>19</sup> Transports Canada, TP 13312, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, 20 février 2015, à l'adresse : <https://tc.canada.ca/fr/aviation/publications/guide-medecins-examineurs-aviation-civile-tp-13312> (dernière consultation le 22 février 2023).

<sup>20</sup> Ibid., figure 2 : Exigences relatives aux examens médicaux.

<sup>21</sup> Gouvernement du Canada, *Loi sur l'aéronautique*, L.R.C. (1985, ch. A-2), paragraphe 6.5(1).

<sup>22</sup> Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0089, A21W0090, A19P0142, A14O0077, A14A0067, A10A0041, A07P0357 et A03P0265 du BST.

encourageait aussi TC à collaborer avec l'Association médicale canadienne pour élaborer des stratégies de communication afin de mieux faire connaître les exigences de déclaration imposées aux médecins en vertu de la *Loi sur l'aéronautique*.

Le 19 janvier 2023, TC a répondu à l'Avis de sécurité du transport aérien A21W0089-D2-A1. Dans sa réponse, le ministère indiquait que la Direction de la médecine aéronautique civile de TC s'était coordonnée avec l'Association médicale canadienne afin de mieux faire connaître les exigences de déclaration imposées aux médecins.

### 1.13.3.3 Responsabilités de divulgation des pilotes

Étant donné qu'un MEAC n'est souvent pas le médecin de famille du demandeur, il doit se fier en grande partie aux renseignements divulgués par le demandeur. Les renseignements divulgués pourraient concerner les symptômes médicaux du pilote, la prise de médicaments ou la consommation de drogues telles que la cigarette et l'alcool.

TC reconnaît que les membres du personnel de l'aviation peuvent ne pas fournir de façon volontaire certains renseignements qui pourraient avoir une incidence sur leur certification médicale, généralement parce qu'ils craignent de perdre leur certificat médical et, dans certains cas, leur emploi. La norme 424 du RAC exige que le demandeur signe une déclaration dans le rapport d'examen médical, par laquelle il atteste avoir fourni des renseignements complets et exacts et il reconnaît que toute fausse déclaration faite volontairement est considérée comme une infraction selon la *Loi sur l'aéronautique*<sup>23</sup>. Toutefois, le demandeur n'est pas tenu par TC de fournir les résultats des examens médicaux personnels, tels que les résultats des analyses de laboratoire, à moins que ces résultats ne soient exigés dans le cadre du processus de certification médicale de l'aviation civile.

Le pilote n'a pas mentionné au MEAC la prise du médicament d'ordonnance.

## 1.14 Incendie

Aucun incendie ne s'est déclaré avant ou après l'impact.

## 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Lors de l'impact, les sièges du pilote et des passagers sont restés fixés aux poutres de plancher de l'aéronef. Le poste de pilotage a été partiellement écrasé par l'impact, mais l'espace habitable du pilote a été préservé. La structure supérieure du fuselage dans le poste de pilotage, le pare-brise et la porte pilote sont demeurés intacts lors de l'impact et du mouvement subséquent hors de la piste. La cabine passagers n'a pas été écrasée lors de l'impact et son espace habitable a été préservé.

L'aéronef était doté d'une ELT de 406 MHz<sup>24</sup>, qui s'est déclenchée lors de l'accident.

<sup>23</sup> Gouvernement du Canada, *Loi sur l'aéronautique*, L.R.C. (1985, ch. A-2), alinéa 7.3(1)a).

<sup>24</sup> ARTEX, ELT 1000, numéro de pièce A3-06-2749-1.





### 1.15.1 Exigences relatives aux sièges et aux ceintures de sécurité

Le paragraphe 605.25(1) du RAC exige ce qui suit :

Le commandant de bord d'un aéronef doit donner à toute personne à bord de l'aéronef l'ordre de boucler la ceinture de sécurité, y compris, s'il y en a une, la ceinture-baudrier, dans les cas suivants :

- a) pendant le mouvement de l'aéronef à la surface;
- b) pendant le décollage et l'atterrissage;
- c) au cours du vol, chaque fois que le commandant de bord le juge nécessaire<sup>25</sup>.

De plus, l'alinéa 605.26(1)a) du RAC prévoit que « [l]orsque le commandant de bord [...] donne l'ordre de boucler les ceintures de sécurité, chaque passager autre qu'un enfant en bas âge doit s'assurer que la ceinture de sécurité, y compris, s'il y en a une, la ceinture-baudrier, ou l'ensemble de retenue est bouclé et réglé correctement<sup>26</sup> ».

Contrairement à l'alinéa 605.27(1)a) du RAC, qui stipule que les membres d'équipage à bord d'un aéronef doivent être « assis à leur poste et avoir bouclé leur ceinture de sécurité, y compris, s'il y en a une, la ceinture-baudrier [...] pendant le décollage et l'atterrissage<sup>27</sup> », le pilote ne portait que la partie sous-abdominale de la ceinture de sécurité; il ne portait pas la ceinture-baudrier disponible munie de coussins gonflables.

### 1.15.2 Possibilités de survie avec les ensembles de retenue gonflables

Le National Transportation Safety Board des États-Unis (NTSB) a publié une étude de sécurité intitulée *Airbag Performance in General Aviation Restraint Systems*<sup>28</sup>. Selon l'étude, la cause de la mort la plus commune constatée lors des autopsies de pilotes victimes d'accidents d'aéronefs de l'aviation générale (AG) est le traumatisme contondant, qui représente 86 % de toutes les pertes de vie de pilotes de l'AG<sup>29</sup>. L'étude a permis de conclure que dans l'aviation, les coussins gonflables peuvent atténuer les blessures des occupants lors d'accidents graves, mais offrant des possibilités de survie, dans lesquels la direction principale de la force est longitudinale.

<sup>25</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 605.25(1).

<sup>26</sup> Ibid., alinéa 605.26(1)a).

<sup>27</sup> Ibid., alinéa 605.27(1)a).

<sup>28</sup> National Transportation Safety Board, Safety Study NTSB/SS-11/01 PB2011-917001, *Airbag Performance in General Aviation Restraint Systems* (11 janvier 2011), à l'adresse : <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Documents/SS1101.pdf> (dernière consultation le 25 février 2023).

<sup>29</sup> D. A. Weigmann et N. Taneja, « Analysis of Injuries Among Pilots Involved in Fatal General Aviation Airplane Accidents », *Accident Analysis and Prevention*, vol. 35, n° 4 (2003), p. 571-577, tel que cité dans National Transportation Safety Board, Safety Study NTSB/SS-11/01 PB2011-917001, *Airbag Performance in General Aviation Restraint Systems* (11 janvier 2011), p. 6, à l'adresse : <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Documents/SS1101.pdf> (dernière consultation le 25 février 2023).

D'après l'étude, les blessures subies par les occupants d'aéronefs de l'AG peuvent être atténuées par les coussins gonflables dans certains cas. Cependant, les conclusions de l'étude n'étaient pas suffisamment probantes pour recommander l'installation de coussins gonflables sur tous les aéronefs de l'AG. Seul un petit nombre d'accidents ont été analysés, et parmi ceux-ci, on n'a constaté des effets bénéfiques que dans un petit nombre de cas.

Au cours de l'étude, le NTSB a également analysé l'efficacité du port de la combinaison d'une ceinture sous-abdominale et d'une ceinture-baudrier à bord des aéronefs de l'AG. Cette nouvelle analyse a fourni des preuves décisives que l'utilisation à la fois d'une ceinture sous-abdominale et d'une ceinture-baudrier réduit systématiquement le risque de blessures graves ou mortelles chez les pilotes comparativement à l'utilisation uniquement d'une ceinture sous-abdominale. Le risque de blessures graves ou mortelles avec le port uniquement de la ceinture sous-abdominale était près de 50 % plus élevé qu'avec le port à la fois d'une ceinture sous-abdominale et d'une ceinture-baudrier<sup>30</sup>.

Le fabricant de systèmes de retenue AmSafe a publié une étude intitulée *Evaluations and Survivability of Inflatable Restraint Systems in Small Fixed Wing Aircraft*<sup>31</sup>. L'étude a révélé que l'amélioration de la résistance à l'impact grâce à l'utilisation de coussins gonflables intégrés à la ceinture-baudrier contribue à accroître le seuil de survie lors d'accidents avec impact dynamique. Selon l'étude, les accidents avec impact causent des blessures de type aortique et de contact : [traduction]

[les lésions aortiques] sont causées par le mouvement inertiel des tissus du corps, lorsque la force d'impact est bien répartie dans le corps. L'autre type de blessure est dit « de contact » ou due à la force. Ces blessures résultent généralement de mouvements incontrôlés excessifs de l'occupant, et les forces directes provoquent des traumatismes localisés<sup>32</sup>.

Selon les conclusions du rapport, les enjeux relatifs aux possibilités de survie offertes par les petits aéronefs, ainsi que les possibilités de les améliorer, sont mis en évidence dans de récentes analyses d'accidents et d'autres recherches publiées sur les possibilités de survie dans les aéronefs de l'AG, que des avancées considérables sont possibles avec la technologie existante, et que les priorités dans l'affectation de ressources devraient être axées sur les moyens d'accroître les possibilités de survie à bord de ces aéronefs. Le rapport indique également que les possibilités de survie aux impacts violents lors d'un accident ont augmenté grâce aux coussins gonflables et à leur capacité d'atténuer les traumatismes contondants à la tête et à la poitrine.

<sup>30</sup> National Transportation Safety Board, Safety Study NTSB/SS-11/01 PB2011-917001, *Airbag Performance in General Aviation Restraint Systems* (11 janvier 2011), p. 82, à l'adresse : <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Documents/SS1101.pdf> (dernière consultation le 25 février 2023).

<sup>31</sup> AMSAFE Aviation Inflatable Restraints, *Evaluations and Survivability of Inflatable Restraint Systems in Small Fixed Wing Aircraft* (janvier 2005) à l'adresse : <https://www.amsafe.com/wp-content/uploads/2016/02/Evaluation-and-Survivability-in-Fixed-Wing.pdf> (dernière consultation le 25 février 2023).

<sup>32</sup> Ibid., p. 1.

### 1.15.3 Exposé donné aux passagers

Le RAC précise qu'il incombe au commandant de bord de s'assurer que les passagers à bord reçoivent, avant le décollage, des instructions concernant :

- a) l'emplacement et le mode d'utilisation des issues;
- b) l'emplacement et le mode d'utilisation des ceintures de sécurité, des ceintures-baudriers et des ensembles de retenue;
- c) la position des sièges et le redressement du dossier des sièges et des tablettes;
- d) le rangement des bagages de cabine;
- e) l'emplacement et le mode d'utilisation de l'équipement d'oxygène, lorsque l'aéronef n'est pas pressurisé et qu'il est possible qu'au cours du vol les passagers auront à faire usage d'oxygène;
- f) l'interdiction de fumer<sup>33</sup>.

TC fournit également des recommandations et des lignes directrices pour les exposés donnés aux passagers de l'AG<sup>34</sup>.

De plus, le manuel d'utilisation de l'aéronef Daher TBM 910 décrit la procédure ci-après à suivre lors de l'inspection intérieure : [traduction]

Vérifier le bon verrouillage des boucles de ceinture du pilote et des passagers, ainsi que le verrouillage automatique de la ceinture-baudrier en tirant sèchement sur cette dernière. S'il y a des coussins gonflables, les ceintures des sièges inoccupés doivent être attachées. Il est interdit d'effectuer un vol sans attacher ces ceintures<sup>35</sup>.

La procédure avant le roulage et celle d'approche figurant dans le manuel d'utilisation de l'aéronef comprennent également l'élément « Passenger briefing – As required » (exposé donné aux passagers – au besoin)<sup>36</sup>.

Rien n'indique que le pilote ait donné des exposés aux passagers pendant les phases avant roulage ou d'approche de chaque étape du vol à l'étude.

### 1.15.4 Bagages de cabine, équipement et fret

Selon le paragraphe 602.86(1) du RAC :

Il est interdit d'utiliser un aéronef ayant des bagages de cabine, de l'équipement ou du fret à bord, à moins que ces bagages de cabine, cet équipement et ce fret ne soient :

<sup>33</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 602.89(1).

<sup>34</sup> Transports Canada, *Exposé sur les mesures de sécurité à l'intention des passagers : pourquoi, quand et comment* (15 mai 2018), à l'adresse : <https://tc.canada.ca/fr/aviation/regles-generales-utilisation-vol-aeronefs/pratiques-exemplaires-aviation-generale/expose-mesures-securite-intention-passagers-pourquoi-quand-comment> (dernière consultation le 22 février 2023).

<sup>35</sup> Daher, *TBM 910 Pilot's Operating Handbook*, révision 5 (15 décembre 2020), section 4 : Normal procedures, p. 4.4.17.

<sup>36</sup> Ibid., p. 4.4.41 et 4.4.58.

- a) soit rangés dans un bac, un compartiment ou un espace certifié [...] aux termes du certificat de type de l'aéronef;
- b) soit retenus de façon à prévenir leur déplacement pendant le mouvement de l'aéronef à la surface, le décollage, l'atterrissage et la turbulence en vol<sup>37</sup>.

### 1.15.5 Sécurité liée aux aires de trafic et aux hélices

Les accidents où une personne est blessée par une hélice d'aéronef ne sont pas fréquents, mais ils sont souvent graves et peuvent être mortels. Les *Lignes directrices pour les passagers de petits avions*<sup>38</sup> de TC indiquent que le trajet le plus direct n'est pas toujours celui qui est le plus sûr pour circuler à proximité d'aéronefs garés. Les lignes directrices recommandent aux passagers de toujours suivre les indications données par l'équipage et de suivre la voie piétonne délimitée, s'il y en a une. Ainsi, les passagers peuvent être vus par les pilotes des aéronefs en mouvement et resteront à l'écart des éléments dangereux comme les hélices ou les ailes.

Selon les pratiques exemplaires de l'industrie, les équipages de conduite ne devraient jamais tenter de charger ou de décharger un aéronef dont le moteur est en marche<sup>39</sup>. Le moteur de l'aéronef devrait toujours être arrêté pour embarquer ou débarquer des passagers ou du fret. Il incombe au pilote de s'assurer que les passagers connaissent les zones à éviter et comprennent le danger que représente une hélice en mouvement. Les pales d'une hélice en rotation sont difficiles à voir de jour et presque invisibles de nuit<sup>40</sup>.

## 1.16 Essais et recherche

### 1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP015/2022 – LDR1000 Data recovery and analysis [récupération et analyse des données du LDR1000]
- LP016/2022 – CVR Download [récupération des données du CVR (enregistreur de conversations de poste de pilotage)]

## 1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

Sans objet.

<sup>37</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 602.86(1).

<sup>38</sup> Transports Canada, *Lignes directrices pour les passagers de petits avions*, à l'adresse : <https://tc.canada.ca/fr/lignes-directrices-passagers-petits-avions> (dernière consultation le 22 février 2023).

<sup>39</sup> Hartzell Propeller, « Safety On The Ramp: Preventing Propeller Strikes », Hartzell Propeller Blog (18 janvier 2018), à l'adresse : <https://hartzellprop.com/preventing-propeller-strikes/> (dernière consultation le 25 février 2023).

<sup>40</sup> Ibid.

## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Effets du fonctionnement de l'hélice sur la dynamique de l'aéronef

#### 1.18.1.1 Couple d'hélice

Les aéronefs à hélice subissent les effets du couple d'hélice, une force poussant dans la direction opposée à la rotation de l'hélice. L'effet du couple d'hélice est à son maximum lorsque l'aéronef est réglé à grande puissance et vole à basses vitesses. Le couple d'hélice produit fait en sorte que la roue gauche exerce une plus grande pression sur la piste que la roue droite, ce qui engendre une certaine traînée. Ce phénomène provoque un mouvement de lacet à gauche lorsque l'aéronef roule au sol. L'hélice du TBM700 N tourne dans le sens horaire quand on la regarde de la cabine et, une fois que l'aéronef a décollé, le couple d'hélice entraîne un mouvement de roulis de l'aéronef à gauche en l'absence de forces de contrôle aérodynamique contraires produites par les ailerons en réponse aux manœuvres de contrôle du pilote. L'aéronef est conçu de façon à ce que les commandes d'aileron et de gouverne de direction puissent compenser le couple d'hélice lorsque la vitesse anémométrique se trouve dans la plage de vitesse normale et d'utilisation des volets. La bande verte de plage de vitesse sur l'anémomètre indique la plage de vitesse normale. La partie inférieure de la bande blanche de plages de vitesse (plage d'utilisation des volets) sur l'anémomètre indique la vitesse de décrochage sans moteur en configuration d'atterrissage (train et volets sortis). Si l'aéronef est exploité en dessous de la plage de vitesse blanche, il se peut que le pouvoir de contrôle des ailerons et de la gouverne de direction ne soit pas suffisant pour contrer les forces de couple d'hélice (y compris les forces de souffle de l'hélice et du facteur P).

#### 1.18.1.2 Souffle de l'hélice

Une hélice produit un souffle d'air accéléré de forme hélicoïdale. Si l'on regarde vers l'avant à partir de la queue de l'aéronef, le souffle de l'hélice du TBM700 N tourne dans le sens horaire et frappe le côté gauche du stabilisateur vertical et de la gouverne de direction. Ce souffle entraîne un mouvement de lacet de l'aéronef à gauche en l'absence de forces de contrôle aérodynamique contraires produites par la gouverne de direction en réponse aux manœuvres de contrôle du pilote. Cet effet est à son maximum lorsque l'aéronef est réglé à grande puissance et vole à basses vitesses, comme durant le décollage ou une remise des gaz, et est compensé par le pilote en manœuvrant la gouverne de direction à l'opposé et en utilisant le compensateur de la direction.

#### 1.18.1.3 Facteur P

Le facteur P, ou charge asymétrique sur l'hélice, découle du fait que les pales descendantes ont un plus grand angle d'attaque et génèrent plus de poussée que les pales ascendantes, ce qui entraîne un mouvement de lacet de l'aéronef à gauche. Cet effet est à son maximum lorsque l'aéronef est en vol à grande puissance et à grand angle d'attaque. Le pilote peut compenser le facteur P en manœuvrant la gouverne de direction à l'opposé et en utilisant le

compensateur de la direction. Lorsque l'aéronef est cabré au décollage, l'angle d'attaque et l'effet du facteur P augmentent.

#### 1.18.1.4 Perte de contrôle sur mototurbopropulseur

En janvier 2013, le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) français a publié une étude de cas concernant les pertes de contrôle sur mototurbopropulseur rapide<sup>41</sup>. L'étude a examiné 36 accidents de TBM700 qui sont survenus entre le 2 août 1991 et le 1<sup>er</sup> mars 2010. Les accidents mettaient généralement en cause la combinaison d'une basse vitesse en configuration d'atterrissage et d'une augmentation rapide de la poussée. L'objectif de l'étude était de proposer des facteurs explicatifs à cet égard. Bien que l'étude ait également permis de constater que quelques-uns des accidents recensés mettaient en cause des structures d'exploitation professionnelles, la majorité des accidents examinés concernaient des pilotes privés et professionnels qui utilisaient l'aéronef à des fins personnelles.

L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) définit une perte de contrôle en vol comme [traduction] « une manifestation extrême de la déviation de la trajectoire par rapport à celle prévue<sup>42</sup> ». Le rapport du BEA approfondit cette définition et indique ce qui suit :

Le terme « perte de contrôle » qualifie ici des événements au cours desquels l'attitude et/ou la trajectoire de l'avion ne sont plus contrôlés par le pilote. Cela ne signifie pas nécessairement que l'avion soit devenu incontrôlable<sup>43</sup>.

Selon la conclusion partielle du rapport, « il n'a pas été possible de lier les accidents considérés dans l'étude à un manque d'efficacité des ailerons [...] du TBM 700<sup>44</sup> ».

L'étude du BEA a également permis de constater que la formation initiale des pilotes privés est moins approfondie que celle des professionnels et que la formation continue (formation

<sup>41</sup> Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Étude : Pertes de contrôle sur mototurbopropulseur rapide – Cas du Socata TBM 700*, version mise à jour (janvier 2013), à l'adresse : [https://bea.aero/fileadmin/uploads/tx\\_scalaetudessecurite/pertes.de.controle.sur.monoturbopropulseur.rapide\\_02.pdf](https://bea.aero/fileadmin/uploads/tx_scalaetudessecurite/pertes.de.controle.sur.monoturbopropulseur.rapide_02.pdf) (dernière consultation le 22 février 2023).

<sup>42</sup> Organisation de l'aviation civile internationale, Programme de comptes rendus d'accident/incident (ADREP), *ECCAIRS* [European Co-ordination centre for Accident and Incident Reporting Systems] *Aviation*, 1.3.0.12 Data Definition Standard, *Attribute Values* (29 avril 2013), p. 5, à l'adresse : [https://www.icao.int/safety/airnavigation/AIG/Documents/ADREP%20Taxonomy/ECCAIRS%20Aviation%201.3.0.12%20\(VL%20for%20AttrID%20%20430%20-%20Occurrence%20category\).pdf](https://www.icao.int/safety/airnavigation/AIG/Documents/ADREP%20Taxonomy/ECCAIRS%20Aviation%201.3.0.12%20(VL%20for%20AttrID%20%20430%20-%20Occurrence%20category).pdf) (dernière consultation le 25 février 2023), tel que cité dans Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Étude : Pertes de contrôle sur mototurbopropulseur rapide – Cas du Socata TBM 700*, version mise à jour (janvier 2013), p. 5, à l'adresse : [https://bea.aero/fileadmin/uploads/tx\\_scalaetudessecurite/pertes.de.controle.sur.monoturbopropulseur.rapide\\_02.pdf](https://bea.aero/fileadmin/uploads/tx_scalaetudessecurite/pertes.de.controle.sur.monoturbopropulseur.rapide_02.pdf) (dernière consultation le 22 février 2023).

<sup>43</sup> Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, *Étude : Pertes de contrôle sur mototurbopropulseur rapide – Cas du Socata TBM 700*, version mise à jour (février 2014), p. 5, à l'adresse : [https://bea.aero/fileadmin/uploads/tx\\_scalaetudessecurite/pertes.de.controle.sur.monoturbopropulseur.rapide\\_02.pdf](https://bea.aero/fileadmin/uploads/tx_scalaetudessecurite/pertes.de.controle.sur.monoturbopropulseur.rapide_02.pdf) (dernière consultation le 22 février 2023).

<sup>44</sup> *Ibid.*, section 3.1.4, p. 19.

périodique) est moins dense. De plus, les conditions de vol du TBM700 se résument généralement à de longs vols réalisés avec le pilote automatique. Il est donc logique que :

confronté à une situation inhabituelle et soudaine, le pilote peut avoir tendance à réagir en fonction de ce qu'il a appris et pratiqué en instruction de base sur avion à pistons. Ainsi, lorsqu'il effectue une augmentation de puissance sur un turbopropulseur à basse vitesse, il peut être surpris par le retard et l'intensité du couple moteur.

Dans ces conditions, des actions inappropriées (*sic*) sur les commandes pour corriger une trajectoire en finale ou interrompre une approche avec (*sic*) peuvent conduire à une perte de contrôle [...]<sup>45</sup>.

Même si la fatigue n'a pas été un facteur dans le présent événement, le rapport indique également que dans bon nombre des accidents examinés, la fatigue a probablement dégradé le niveau de performance du pilote et :

a pu induire des difficultés à comprendre une situation inhabituelle, à prendre et à exécuter la décision appropriée, à contrôler les paramètres de vol en finale ou à apporter les corrections nécessaires en temps opportun sur les commandes.

Bien que cette situation soit celle de toute fin de vol, elle se manifeste plus nettement lorsqu'un avion rapide est utilisé sur de longues distances dans le cadre d'obligations personnelles. Ce contexte particulier et les conséquences possibles sur la performance du pilote ne sont pas toujours explicitement mentionnés dans les programmes de formation [...], notamment pour les navigants privés<sup>46</sup>.

## 1.18.2 Approche non stabilisée

### 1.18.2.1 Généralités

Des recherches<sup>47</sup> ont montré que les approches non stabilisées ont été un facteur causal dans 66 % des 76 cas étudiés d'accidents et incidents graves à l'approche et à l'atterrissage survenus dans le monde entre 1984 et 1997. Comme il a été démontré précédemment dans le cadre d'enquêtes du BST<sup>48</sup> et d'organismes d'autres pays, les conséquences négatives comprennent des contacts queue-sol, des sorties en bout de piste et des impacts sans perte de contrôle (CFIT). Grâce à ces connaissances, l'industrie a apporté d'importantes améliorations visant à réduire le nombre d'accidents causés par une approche non stabilisée.

La Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis décrit les approches stabilisées comme suit [traduction] :

<sup>45</sup> Ibid., p. 22.

<sup>46</sup> Ibid., p. 22-23.

<sup>47</sup> Fondation pour la sécurité aérienne, « Approach-and-landing Accident Reduction (ALAR) Tool Kit, Briefing Note 7.1 — Stabilized Approach », *Flight Safety Digest* (août–novembre 2000), à l'adresse : [https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/09/alar\\_bn7-1stabilizedappr.pdf](https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/09/alar_bn7-1stabilizedappr.pdf) (dernière consultation le 25 février 2023).

<sup>48</sup> Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A20Q0013, A15O0015, A14W0127, A14Q0148, A14F0065, A13O0098, A12Q0161, A12P0034, A12O0005, A12W0004 et A11H0002 du BST.

un facteur clé d'une approche et d'un atterrissage sécuritaires. La FAA et l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) encouragent les exploitants à utiliser le concept d'approche stabilisée pour aider à éliminer les CFIT. Le concept d'approche stabilisée se caractérise par le maintien d'une vitesse d'approche, d'un taux de descente, d'une trajectoire verticale et d'une configuration stables jusqu'au point d'atterrissage<sup>49</sup>.

En novembre 2000, l'Aircraft Owners and Pilots Association a publié un article intitulé « The Stabilized Approach<sup>50</sup> ». L'article indique que le concept d'approche stabilisée a été préconisé à l'origine pour les aéronefs à turbine à la fin des années 1950 et au début des années 1960, lorsque les pilotes ont découvert que les nouveaux aéronefs de transport à réaction étaient plus difficiles à ralentir en approche pour l'atterrissage que les gros aéronefs à pistons et à turbopropulseurs auxquels ils étaient habitués. À l'époque, les aéronefs à turbomoteurs réagissaient également plus lentement aux changements de puissance que les aéronefs à hélices, et les aéronefs à turbines avaient souvent des accidents liés à des atterrissages trop courts, où ils atterrissaient avant le début de la piste.

Des accidents ultérieurs survenus avec des aéronefs à turbine ont montré que les pilotes avaient de la difficulté à exécuter la procédure de remise des gaz, ce qui se traduisait souvent par des sorties en bout de piste. Ces accidents se produisaient lorsque les pilotes ne ralentissaient pas leur aéronef à la vitesse d'approche et ne le configuraient pas pour l'atterrissage suffisamment tôt pour atterrir sur les pistes qu'ils utilisaient.

Cette tendance a amené l'industrie aérienne à adopter une procédure appelée approche stabilisée. Comme on peut le lire dans l'article [traduction] :

[c]ela signifie qu'à un point prédéterminé de l'approche, généralement à 500 ou 1000 pieds AGL, l'aéronef sera à la bonne vitesse d'approche finale, configuré (train d'atterrissage sorti, volets en finale), sur la trajectoire de descente (ou « à un angle de descente normal pour un atterrissage normal ») et avec tous les moteurs au réglage de puissance final pour l'atterrissage. Ainsi, tout est prêt<sup>51</sup>.

L'article poursuit en indiquant que le temps est le principal avantage d'une approche stabilisée, car il facilite la perception des changements par les pilotes, ce qui leur permet d'apporter des corrections au cap, à l'altitude ou à la gestion de l'aéronef en conséquence [traduction] :

La clé d'une approche stabilisée est de ralentir le rythme du dernier segment critique. Si vous y prenez bien et que vous stabilisez tôt, il semble qu'il n'y a plus rien à faire; le temps se dilate alors que vous êtes assis à observer l'avion pendant la dernière minute avant d'atteindre la piste. À cette étape de l'approche, il

<sup>49</sup> Federal Aviation Administration (FAA), Advisory Circular (AC) 120-108: Continuous Descent Final Approach (20 janvier 2011), p. 2, à l'adresse : [https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/AC\\_120-108.pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-108.pdf) (dernière consultation le 25 février 2023).

<sup>50</sup> Aircraft Owners and Pilots Association (AOPA), « The Stabilized Approach », *AOPA Pilot*, vol. 43, n° 11 (novembre 2000), à l'adresse : <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2000/november/pilot/the-stabilized-approach> (dernière consultation le 25 février 2023).

<sup>51</sup> Ibid.



s'agit principalement de surveiller, et non de manipuler, ce qui est préférable pour la conscience situationnelle pendant l'approche<sup>52</sup>.

La méthode acceptée<sup>53</sup> pour contrôler la trajectoire de descente afin d'effectuer une approche stable consiste à utiliser la gouverne de profondeur pour commander le tangage, ce qui règle la vitesse anémométrique, et la puissance pour maîtriser le taux de descente.

De même, l'ouvrage *Airplane Flying Handbook* de la FAA décrit plus en détail comment l'angle de descente est contrôlé pendant l'approche finale [traduction] :

En approche finale, le pilote règle l'assiette de tangage, la puissance et la compensation de façon à ce que l'avion descende directement vers le point de visée à la vitesse anémométrique appropriée dans la configuration d'atterrissage. S'il semble que l'avion dépassera l'endroit souhaité pour l'atterrissage, une approche à un angle plus prononcé est obtenue en réduisant la puissance et en abaissant l'assiette en tangage pour maintenir la vitesse anémométrique. [...] S'il semble que l'endroit souhaité pour l'atterrissage ne sera pas atteint et qu'une approche à un angle plus faible est nécessaire, le pilote augmente à la fois la puissance et l'assiette en tangage pour réduire l'angle de descente<sup>54</sup>.

#### 1.18.2.2 Critères d'approche stabilisée de Transports Canada (règles de vol à vue)

Le *Guide de test en vol – Licence de pilote privé – Avion* de TC présente une description générique d'une approche stabilisée VFR :

Sur la bonne trajectoire d'approche finale :

- Briefings et listes de contrôle complétés;
- L'aéronef doit être dans la configuration d'atterrissage appropriée adaptée aux conditions de vent et de piste;
- Réglages d'alimentation appropriés appliqués;
- Taux de descente maximal de 1000 pieds par minute;
- Vitesse comprise entre + 10 / -5 nœuds de la vitesse de référence;
- Seuls les petits changements de cap et de tangage sont requis;
- Stable par 200 pieds-sol.

**Remarque :** Si la stabilité n'est pas établie à 200 pieds-sol, une remise des gaz doit être exécutée.<sup>55</sup>

<sup>52</sup> Ibid.

<sup>53</sup> Transports Canada, TP1102E, *Manuel de pilotage - Avion*, 4<sup>e</sup> édition (révisé en août 2004), Puissance en descente, p. 58.

<sup>54</sup> Federal Aviation Administration (FAA), FAA-H-8083-3B, *Airplane Flying Handbook* (2016), chapitre 9 : Approaches and Landings, p. 9-6.

<sup>55</sup> Transports Canada, TP 13723, *Guide de test en vol - Licence de pilote privé - Avion*, 6<sup>e</sup> édition (mars 2021), à l'adresse : <https://tc.canada.ca/fr/aviation/publications/guide-test-vol-licence-pilote-privé-avion-tp-13723#stabilisee> (dernière consultation le 22 février 2023).

### 1.18.2.3 Critères d'approche stabilisée de la série Daher TBM700

Les critères d'approche stabilisée du Daher TBM sont publiés dans la lettre d'information de vol (Flight Information Letter ou FIL) FIL.2015-T1<sup>56</sup>. Les critères d'approche stabilisée fournissent les lignes directrices et les paramètres nécessaires pour définir une approche stabilisée pendant la descente finale. La FIL recommande que les pilotes qui effectuent des approches selon les procédures normales décrites dans le manuel d'utilisation de l'aéronef et qui ne peuvent pas respecter de façon continue les critères d'approche stabilisée envisagent d'effectuer une remise des gaz ou une approche interrompue par mesure de prudence.

La FIL précise en outre que pour les conditions météorologiques de vol à vue, les critères d'approche stabilisée doivent être respectés au plus tard à 500 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport. La procédure suivante est fournie [traduction] :

#### Configuration d'atterrissage

- Train sorti et volets d'atterrissage indiqués
- *Exception : Procédure d'urgence*

#### Profil

- SUR la trajectoire de vol (repère visuel ou instruments pour confirmer)

#### Vitesse

- +10 KIAS / -5 KIAS de la vitesse désirée ( $V_{ref}$  [vitesse de référence d'atterrissage] *augmentée en fonction du vent / des rafales*)
- Compensateur de profondeur – pression de commande de la gouverne de profondeur neutre

#### Puissance minimale (couple)

- 10 % TRQ (couple)

#### Taux de descente maximal

- 1000 pi/min<sup>57</sup>

### 1.18.3 Atterrissage interrompu

Une procédure d'atterrissage interrompu est une [traduction] « manœuvre de remise des gaz amorcée après que le train d'atterrissage principal a touché le sol<sup>58</sup> ». La Fondation pour la sécurité aérienne énumère certains des facteurs qui peuvent entraîner un rebond à l'atterrissage :

- perte des repères visuels;

<sup>56</sup> Daher TBM, FIL.2015-T1, Flight Information Letter: Stabilized approach criteria (23 novembre 2020).

<sup>57</sup> Ibid.

<sup>58</sup> Fondation pour la sécurité aérienne, « Approach-and-landing Accident Reduction (ALAR) Tool Kit, Briefing Note 6.4 – Bounce Recovery – Rejected Landing », *Flight Safety Digest* (août–novembre 2000), à l'adresse : [https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/09/alar\\_bn7-1stablizedappr.pdf](https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/09/alar_bn7-1stablizedappr.pdf) (dernière consultation le 25 février 2023).

- taux de descente excessif;
- amorçage tardif de l'arrondi;
- technique incorrecte de l'arrondi;
- vitesse anémométrique excessive<sup>59</sup>.

La Fondation pour la sécurité aérienne reconnaît également que les techniques de rattrapage d'un rebond à l'atterrissage varient en fonction du type d'aéronef et de la hauteur atteinte lors du rebond, et résume 2 techniques de rattrapage. Après un léger rebond, le pilote doit généralement maintenir ou rétablir une assiette de tangage normale d'atterrissage, poursuivre l'atterrissage, moduler la puissance au besoin pour adoucir le second toucher des roues et être conscient de l'augmentation de la distance d'atterrissage. Dans le cas d'un rebond plus important ou plus dur, le pilote ne devrait pas tenter d'atterrir, car la piste restante pourrait être insuffisante pour un atterrissage en toute sécurité. Une procédure d'atterrissage interrompu devrait être amorcée<sup>60</sup> (voir la section 1.6.5 – *Procédure de remise des gaz de l'aéronef TBM 910* du présent rapport).

---

<sup>59</sup> Ibid., p. 130.

<sup>60</sup> Ibid.

## 2.0 ANALYSE

L'examen de l'épave n'a révélé aucun signe de défaillance de la cellule ou du moteur ou de mauvais fonctionnement d'un système pendant le vol à l'étude. Rien n'indique non plus que des facteurs physiologiques comme la fatigue ou la prise de médicaments aient pu nuire au rendement du pilote. L'analyse portera donc sur l'exécution de l'approche, du toucher des roues et de la remise des gaz. Elle traitera également des ceintures de sécurité, des articles non arrimés dans la cabine et de la sécurité sur l'aire de trafic, ainsi que de la prise de médicaments d'ordonnance non approuvés par la Direction de la médecine aéronautique civile de Transports Canada (TC).

### 2.1 Approche non stabilisée

À l'arrivée à l'aérodrome de Westlock (CES4), le pilote a effectué une approche à vue sans guidage vertical externe et interne de l'aéronef; CES4 n'a ni indicateur visuel de pente d'approche ni procédure d'approche aux instruments.

L'aéronef est entré dans le circuit à 1250 pieds au-dessus du sol (AGL), et à l'étape vent arrière de l'approche, lorsque les volets ont été réglés en position d'atterrissage, il a pris de l'altitude et est monté à 1400 pieds AGL.

Lorsque l'aéronef a terminé le virage pour s'établir en approche finale, il se trouvait à 1,4 mille marin (NM) du seuil de piste à une altitude de 631 pieds AGL. À ce moment, une trajectoire de descente de 3,9°, qui est nettement plus prononcée qu'une trajectoire de descente optimale de 3°, aurait été nécessaire pour franchir le seuil à 50 pieds AGL. La vitesse indiquée était de 104 nœuds (KIAS), soit 19 nœuds de plus que la vitesse d'approche normale de 85 nœuds figurant dans le manuel d'utilisation de l'aéronef. L'aéronef avait un angle de piqué de 9° et descendait à 1500 pi/min, avec le couple moteur réglé presque au ralenti (11 %).

Lorsque l'aéronef a atteint 500 pieds AGL, à 1,25 NM de la piste, le système d'avertissement sonore a avisé le pilote en annonçant une altitude de 500 pieds. L'aéronef avait alors une vitesse anémométrique de 103 KIAS, un angle de piqué de 6° et un taux de descente de 1000 pi/min avec un couple réglé à 10 %.

Les directives d'approche stable du constructeur de l'aéronef indiquent qu'à 500 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport, l'aéronef doit être [traduction] « SUR la trajectoire de vol » avec une vitesse anémométrique ne dépassant pas la vitesse d'approche désirée de plus de 10 KIAS et ne lui étant pas inférieure de plus de 5 KIAS, un réglage de couple d'au moins 10 % et une vitesse verticale inférieure à 1000 pi/min. À cette étape du vol à l'étude, l'aéronef volait à 18 KIAS au-dessus de la vitesse désirée normale et à environ 50 pieds ou 0,5° au-dessus de la pente d'approche optimale de 3°. Il n'a pas été possible de déterminer si le pilote suivait intentionnellement une trajectoire d'approche avec une pente plus prononcée que la trajectoire d'approche optimale ou s'il ne savait tout simplement pas, sans guidage, qu'il se trouvait au-dessus de la trajectoire optimale.

À 500 pieds AGL, la vitesse anémométrique était supérieure à la plage requise, et l'aéronef était en décélération. Bien que les politiques et les directives en matière d'approche stable définissent normalement une altitude ou une hauteur précise à laquelle la stabilité de l'aéronef doit être évaluée, le concept d'approche stabilisée veut que les paramètres soient stabilisés tôt et le restent jusqu'au toucher des roues.

Au fur et à mesure que l'approche se poursuivait au-dessous de 500 pieds AGL, la vitesse de l'aéronef a continué de diminuer de façon constante, et à 350 pieds AGL, alors qu'il descendait sous la pente optimale de 3°, la vitesse indiquée était de 92 KIAS. Lorsqu'il a atteint une altitude de 100 pieds AGL, à 0,45 NM de la piste, l'aéronef descendait à un taux de 500 pi/min dans une assiette horizontale et à une vitesse anémométrique de 80 KIAS. À ce moment, l'aéronef se trouvait à 75 pieds, ou environ 2°, sous la pente optimale.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

L'aéronef s'est établi en approche finale bien au-dessus de la trajectoire de descente suivant la pente optimale de 3° et, pendant l'approche à forte pente qui a suivi, la vitesse anémométrique de l'aéronef a constamment baissé, ce qui a donné lieu à une approche non stabilisée.

## 2.2 Corrections de la trajectoire de vol en courte finale

L'aéronef a continué de décélérer pendant l'approche, et au moment où l'aéronef se trouvait à environ 600 pieds avant la piste et à une altitude de 18 pieds AGL, la vitesse anémométrique baissait sous les 70 KIAS. Le pilote a alors commencé à corriger la faible altitude en augmentant l'angle de cabré de l'aéronef, ce qui a entraîné une nouvelle diminution de la vitesse.

Lorsque l'aéronef est descendu à 1 pied au-dessus du sol avant la surface revêtue de la piste 28, le système d'alerte sonore a émis 2 avertissements de décrochage successifs, alors que la vitesse anémométrique avait baissé à 66 KIAS. Le pilote a continué de maintenir l'assiette de 11° en cabré, tandis que le couple moteur est demeuré constant jusqu'à ce que l'aéronef touche la piste.

La méthode acceptée pour contrôler l'aéronef en approche consiste à utiliser la gouverne de profondeur pour commander le tangage, ce qui règle la vitesse anémométrique, et la puissance pour maîtriser le taux de descente. Toutefois, lors de l'approche à l'étude, le pilote a utilisé le tangage plutôt que la puissance pour maîtriser le taux de descente et, par conséquent, la vitesse anémométrique de l'aéronef a continué de diminuer.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

En courte finale, le pilote a réduit le taux de descente en augmentant le cabré plutôt que la puissance. Par conséquent, la vitesse anémométrique a continué de diminuer et l'aéronef est entré en décrochage, ce qui a entraîné un atterrissage brutal, puis un rebond.

## 2.3 Atterrissage interrompu

En réaction au rebond lors de l'atterrissage brutal, le pilote a amorcé une procédure d'atterrissage interrompu (voir la section 1.18.3 – *Atterrissage interrompu*). Pendant l'atterrissage interrompu, le pilote n'a pas maintenu une assiette de 10° en cabré, comme l'exige la procédure décrite dans le manuel d'utilisation de l'aéronef TBM 910. L'assiette en tangage a été augmentée jusqu'à un angle de 25° en cabré, de sorte que l'aéronef s'est approché du décrochage. Dans ces conditions, l'efficacité de la gouverne de direction et des ailerons a été considérablement réduite, au point de ne pas pouvoir contrer le couple, le souffle de l'hélice et le facteur P produits par le moteur et l'hélice à pleine puissance.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Pendant la procédure d'atterrissage interrompu, l'aéronef a pris une assiette de 25° en cabré et a frôlé le décrochage. Cette condition de basse vitesse combinée au réglage de puissance élevée a fait en sorte que l'aéronef bascule rapidement vers la gauche et heurte la piste dans une assiette inversée.

## 2.4 Sécurité en cabine

Lorsque les 2 passagers sont montés à bord de l'aéronef à l'aéroport de Calgary/Springbank, le pilote n'a pas donné d'exposé sur les mesures de sécurité de l'aéronef et ne s'est pas assuré que les objets se trouvant dans la cabine étaient arrimés. Avant l'atterrissage, le pilote ne s'est pas assuré que les passagers portent correctement leur ensemble de retenue à 3 points. De fait, 2 des 3 passagers ne portaient pas leur ceinture-baudrier.

Lors de l'impact, des objets non arrimés qui se trouvaient dans la cabine ont été projetés de tous côtés, puis vers l'avant lorsque l'aéronef a basculé sur le dos, a heurté le sol et a glissé hors de la piste. La passagère assise dans le siège avant orienté vers l'arrière a été blessée par les objets qui n'avaient pas été arrimés convenablement. La passagère a également subi des blessures lorsqu'elle a heurté la cloison de la cabine parce qu'elle n'était pas retenue par sa ceinture-baudrier.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les passagers n'ont pas reçu d'exposé sur les mesures de sécurité avant le départ ou avant l'atterrissage, et de nombreux objets se trouvant dans la cabine n'étaient pas arrimés. Par conséquent, 1 passagère a subi des blessures graves en raison des forces de décélération et des objets non arrimés qui ont été projetés dans la cabine pendant l'accident.

### 2.4.1 Utilisation de la ceinture de sécurité par le pilote

Même si le pilote avait bouclé sa ceinture sous-abdominale, il ne portait pas la ceinture-baudrier munie de coussins gonflables. Les sangles de la ceinture-baudrier n'étaient pas attachées à la ceinture sous-abdominale, ce qui a fait en sorte que le pilote a été ballotté dans le poste de pilotage lors de l'accident. À un moment donné pendant l'impact, la tête du pilote a heurté le plafond et la structure du cadre de la porte pilote, ce qui lui a causé de graves blessures à la tête.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le pilote ne portait pas la ceinture-baudrier disponible, de sorte que son torse n'était pas retenu lors de l'impact. Par conséquent, il a été gravement blessé.

## 2.5 Médicaments d'ordonnance

L'enquête a permis de déterminer que le pilote n'a pas signalé à son médecin examinateur de l'aviation civile la prise d'un médicament qui lui avait été prescrit par son médecin de famille. Ce médicament n'était pas approuvé par TC pour les pilotes. De plus, le médecin de famille du pilote n'a pas signalé le médicament du pilote à TC. Ces deux éléments ont contribué à ce que TC comprenne mal l'état de santé du pilote.

Fait établi quant aux risques

Si les pilotes ne déclarent pas tous les problèmes de santé aux médecins examinateurs de l'aviation civile de TC et que les médecins de famille des pilotes ne déclarent pas à TC les problèmes considérés comme un risque pour la sécurité aérienne, il existe un risque accru que les pilotes exploitent un aéronef alors qu'ils ont des problèmes de santé diagnostiqués ou des effets secondaires médicaux susceptibles de compromettre la sécurité des vols.

Fait établi : Autre

À la suite d'un examen des antécédents médicaux du pilote et des médicaments d'ordonnance qu'il prenait, l'enquête a permis de déterminer que les médicaments n'ont pas contribué à l'accident.

## 2.6 Sécurité liée aux aires de trafic et aux hélices

Lors de l'escale à l'aéroport de Calgary/Springbank pour prendre 2 passagers et décharger une bicyclette par la porte cabine principale, le moteur de l'aéronef n'a pas été arrêté et est demeuré en marche pendant l'embarquement des passagers. Le pilote est resté dans le poste de pilotage. Bien qu'aucun règlement de TC n'interdise le chargement d'un aéronef de cette façon, TC fournit diverses lignes directrices pour assurer la sécurité des passagers de petits aéronefs.

Fait établi quant aux risques

Si l'hélice d'un aéronef est en rotation et que les passagers ne sont pas supervisés pendant les opérations d'embarquement, il existe un risque que les passagers entrent en contact avec l'hélice par inadvertance, ce qui pourrait causer des blessures mortelles.

## 3.0 FAITS ÉTABLIS

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

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. L'aéronef s'est établi en approche finale bien au-dessus de la trajectoire de descente suivant la pente optimale de 3° et, pendant l'approche à forte pente qui a suivi, la vitesse anémométrique de l'aéronef a constamment baissé, ce qui a donné lieu à une approche non stabilisée.
2. En courte finale, le pilote a réduit le taux de descente en augmentant le cabré plutôt que la puissance. Par conséquent, la vitesse anémométrique a continué de diminuer et l'aéronef est entré en décrochage, ce qui a entraîné un atterrissage brutal, puis un rebond.
3. Pendant la procédure d'atterrissage interrompu, l'aéronef a pris une assiette de 25° en cabré et a frôlé le décrochage. Cette condition de basse vitesse combinée au réglage de puissance élevée a fait en sorte que l'aéronef bascule rapidement vers la gauche et heurte la piste dans une assiette inversée.
4. Les passagers n'ont pas reçu d'exposé sur les mesures de sécurité avant le départ ou avant l'atterrissage, et de nombreux objets se trouvant dans la cabine n'étaient pas arrimés. Par conséquent, 1 passagère a subi des blessures graves en raison des forces de décélération et des objets non arrimés qui ont été projetés dans la cabine pendant l'accident.
5. Le pilote ne portait pas la ceinture-baudrier disponible, de sorte que son torse n'était pas retenu lors de l'impact. Par conséquent, il a été gravement blessé.

### 3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si les pilotes ne déclarent pas tous les problèmes de santé aux médecins examinateurs de l'aviation civile de Transports Canada et que les médecins de famille des pilotes ne déclarent pas à Transports Canada les problèmes considérés comme un risque pour la sécurité aérienne, il existe un risque accru que les pilotes exploitent un aéronef alors qu'ils ont des problèmes de santé diagnostiqués ou des effets secondaires médicaux susceptibles de compromettre la sécurité des vols.
2. Si l'hélice d'un aéronef est en rotation et que les passagers ne sont pas supervisés pendant les opérations d'embarquement, il existe un risque que les passagers entrent en contact avec l'hélice par inadvertance, ce qui pourrait causer des blessures mortelles.



### 3.3 **Autres faits établis**

Ces éléments pourraient permettre d'améliorer la sécurité, de régler une controverse ou de fournir un point de données pour de futures études sur la sécurité.

1. À la suite d'un examen des antécédents médicaux du pilote et des médicaments d'ordonnance qu'il prenait, l'enquête a permis de déterminer que les médicaments n'ont pas contribué à l'accident.

## 4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

### 4.1 Mesures de sécurité prises

#### 4.1.1 Transports Canada

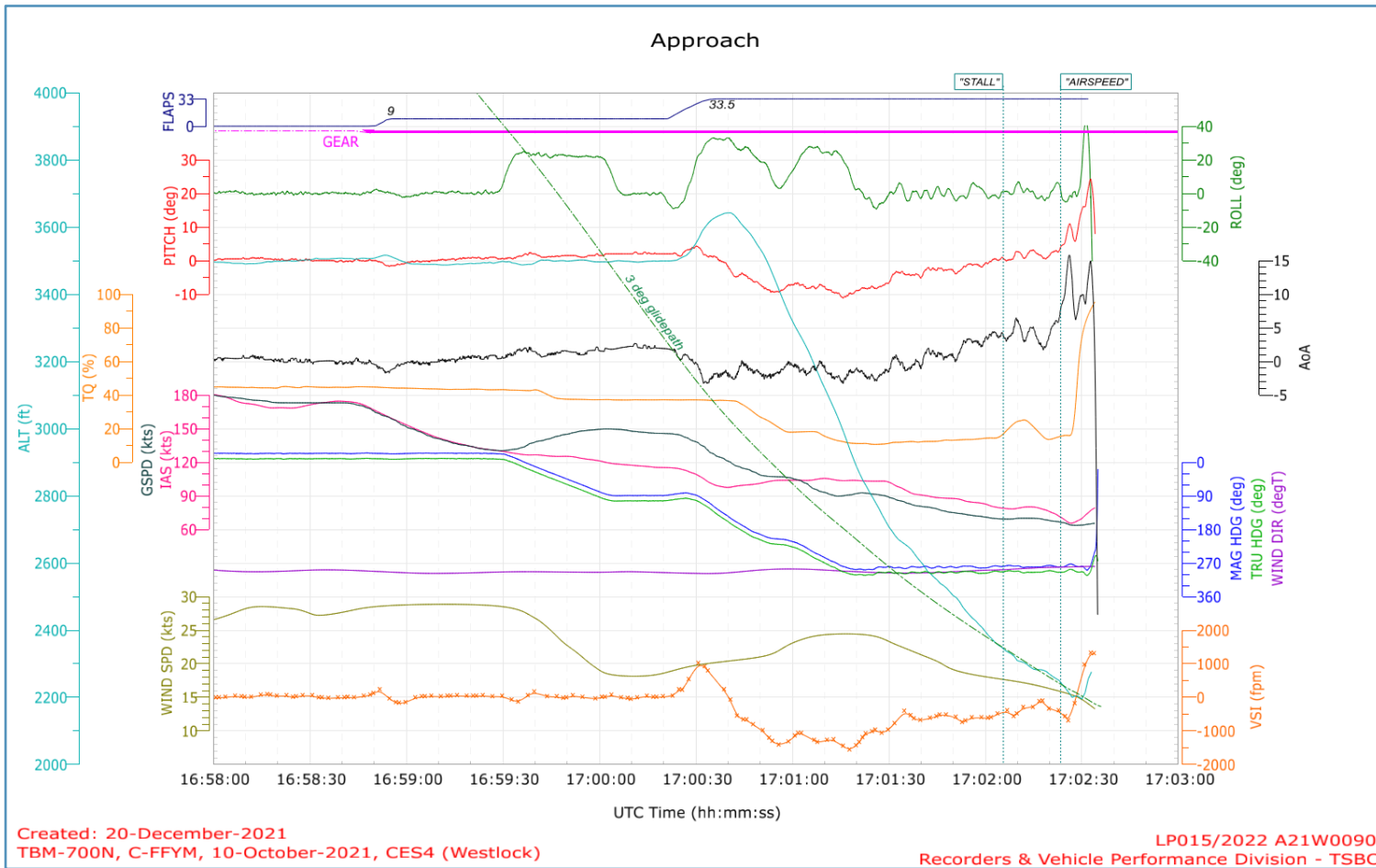
Après l'accident, Transports Canada a appris que le pilote prenait un médicament d'ordonnance non approuvé et a suspendu son certificat médical jusqu'à la réalisation d'une nouvelle évaluation.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 22 février 2023. Le rapport a été officiellement publié le 29 mars 2023.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada ([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 principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. 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.

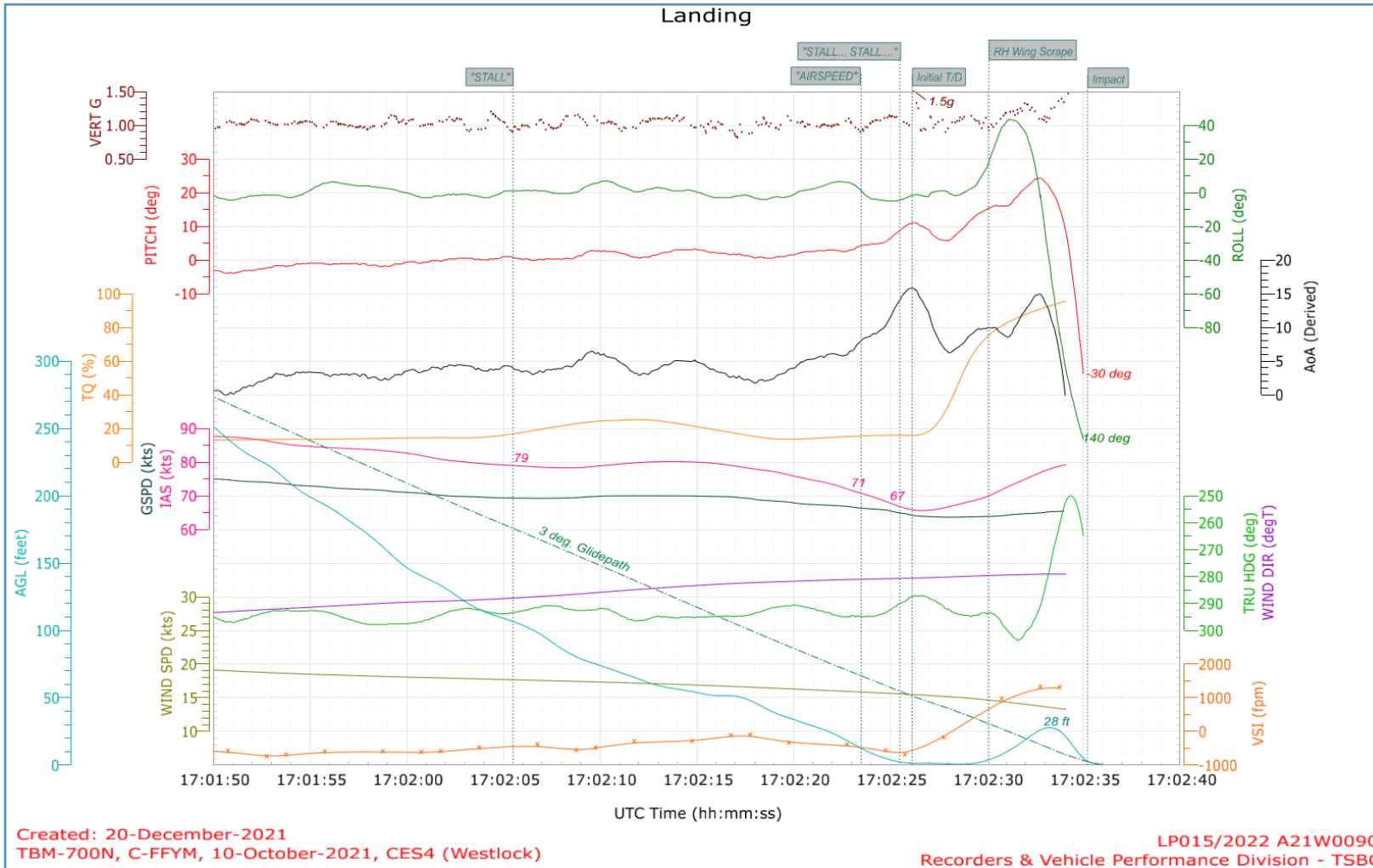
# ANNEXES

## Annexe A – Tracé des données de vol à l'approche



Source : Division Enregistreurs et performance des véhicules du BST

### Annexe B – Tracé des données de vol à l’atterrissage



Source : Division Enregistreurs et performance des véhicules du BST

## Annexe C – Procédure de remise des gaz de l'aéronef TBM700 N (TBM 910)

1 – Bouton-poussoir GO AROUND (remettre les gaz) ..... Appuyez  
Il permet de déplacer le directeur de vol vers le haut à +10°.

En même temps :

2 – MANETTE DES GAZ ..... Puissance de décollage

REMARQUE : L'avion aura tendance à faire un mouvement de lacet vers la gauche lorsque la puissance est appliquée. Une pression sur la gouverne de direction à droite sera nécessaire pour maintenir un vol rectiligne coordonné jusqu'à ce que le compensateur de la direction puisse être réglé.

3 – Assiette ..... 10° en cabré

4 – Levier VOILETS ..... TO (Décollage)

### >> Masse inférieure à 2984 kg (6579 lb) :

Si la vitesse anémométrique a été maintenue à 80 KIAS ou plus et que le couple est de 100 %, mettre les volets à la position « décollage » dès que l'assiette de 10° en cabré a été atteinte.

Lorsque la vitesse verticale est positive et que la vitesse anémométrique est égale ou supérieure à 85 KIAS :

5 – Levier de commande TRAIN D'ATERRISSAGE ..... UP (rentré)

Tous les voyants lumineux d'avertissement sont ÉTEINTS.

Lorsque la vitesse anémométrique est égale ou supérieure à 110 KIAS :

6 – Levier VOILETS ..... UP (rentrés)

7 – Vitesse de montée ..... Selon les besoins

### >> Masse supérieure à 2984 kg (6579 lb) :

Si la vitesse anémométrique a été maintenue à 85 KIAS ou plus et que le couple est de 100 %, mettre les volets à la position « décollage » dès que l'assiette de 10° en cabré a été atteinte.

Lorsque la vitesse verticale est positive et que la vitesse anémométrique est égale ou supérieure à 90 KIAS :

8 – Levier de commande TRAIN D'ATERRISSAGE ..... UP (rentré)

Tous les voyants lumineux d'avertissement sont ÉTEINTS.

Lorsque la vitesse anémométrique est égale ou supérieure à 115 KIAS :

9 – Levier VOILETS ..... UP (rentré)

10 – Vitesse de montée ..... Selon les besoins

### Tous :

11 – TRQ (couple) ..... Selon les besoins

(Source : reproduction et traduction par le BST de la procédure tirée de Daher, *TBM 910 Pilot's Operating Handbook*, p. 4.4.62-4.4.63.)