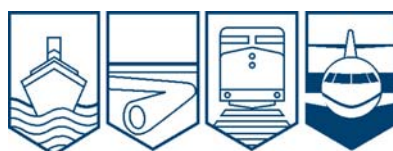


Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

## **RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A08W0244**



**IMPACT SANS PERTE DE CONTRÔLE  
DU DORNIER 228-202 C-FYEV  
EXPLOITÉ PAR SUMMIT AIR CHARTERS LIMITED  
À CAMBRIDGE BAY (NUNAVUT)  
LE 13 DÉCEMBRE 2008**

**Canada**

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

## Rapport d'enquête aéronautique

### Impact sans perte de contrôle

du Dornier 228-202 C-FYEV  
exploité par Summit Air Charters Limited  
à Cambridge Bay (Nunavut)  
le 13 décembre 2008

Rapport numéro A08W0244

### *Sommaire*

Le Dornier 228-202 (immatriculation C-FYEV, numéro de série 8133) exploité par Summit Air Charters Ltd. effectue un vol nolisé de Resolute Bay à Cambridge Bay (Nunavut) selon les règles de vol aux instruments. À l'approche finale de la piste 31 (degrés vrais), l'avion percute le sol à environ 1,5 mille marin du seuil de piste, à 1 h 43, heure normale des Rocheuses. Des deux pilotes et douze passagers à bord, seules deux personnes sont grièvement blessées. L'avion est lourdement endommagé. La radiobalise de repérage d'urgence se déclenche, et l'équipage signale l'accident à l'opérateur radio de l'aéroport de Cambridge Bay au moyen de la radio de l'avion. Une équipe locale mène des recherches au sol et trouve l'avion en moins de 30 minutes. Tous les occupants sont évacués du lieu de l'accident en moins de deux heures.

*This report is also available in English.*

## *Autres renseignements de base*

### *Déroulement du vol*

Summit Air Charters Ltd. avait accepté d'effectuer un vol nolisé pour transporter des travailleurs de Resolute Bay (Nunavut) à Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest). Le 12 décembre 2008, les deux membres d'équipage de conduite ont quitté Yellowknife à 6 h 40, heure normale des Rocheuses (HNR)<sup>1</sup> pour effectuer le vol de mise en place. L'équipage a fait une escale de ravitaillement à Cambridge Bay (Nunavut), et il est arrivé à Resolute Bay à 12 h 26. Le 12 décembre, l'avion a quitté Resolute Bay à 23 h 45 avec 12 passagers à son bord. L'itinéraire de vol avait été communiqué au centre d'information de vol de NAV CANADA à North Bay. Pendant l'étape de vol à destination de Cambridge Bay, le commandant de bord était aux commandes, tandis que le copilote était le pilote non aux commandes.

Le vol de croisière à destination de Cambridge Bay s'est déroulé au niveau de vol 100<sup>2</sup>, et l'équipage a utilisé le système de positionnement à couverture mondiale (GPS) comme principale aide à la navigation. Treize minutes avant l'accident, au cours de la descente vers Cambridge Bay, les deux récepteurs GPS ont cessé de fonctionner pendant deux à trois minutes à cause d'une dégradation du signal.

À 1 h 17, alors que l'avion se trouvait à environ 75 milles marins (nm) de l'aéroport, le commandant de bord a expliqué au copilote qu'ils se rendraient directement au point de cheminement LEXUP<sup>3</sup> et qu'ils effectueraient une approche directe à vue de la piste 31 (degrés vrais) (voir l'Annexe A – RNAV (GNSS)<sup>4</sup>, piste 31 vrais). Pendant l'exposé, on a tenu compte du facteur de correction en raison du temps froid, l'altitude minimale de secteur a été établie à 2200 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) et l'altitude de passage à LEXUP, à 1200 pieds asl. L'altitude minimale de secteur a par la suite été modifiée par le commandant de bord qui l'a fixée à 2100 pieds asl. L'altimètre du commandant de bord était calé à 30,06 pouces de mercure (po Hg). L'alerte de l'altimètre radar a été réglée à 500 pieds agl, et l'on prévoyait une configuration volets complètement rentrés. La Vref<sup>5</sup> pour la configuration prévue a été établie à 105 nœuds.

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en HNR (temps universel coordonné [UTC] moins sept heures).

<sup>2</sup> 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl).

<sup>3</sup> Repère d'approche finale de la piste 31 vrais.

<sup>4</sup> RNAV signifie que la procédure est fondée sur la navigation de surface. L'équipement nécessaire pour exécuter la procédure est indiqué entre parenthèses. Par exemple, RNAV (GNSS) indique qu'une procédure RNAV doit être exécutée à l'aide de GNSS (géolocalisation et navigation par un système de satellites), tel qu'il est précisé dans les procédures d'approche aux instruments figurant dans les pages Généralités du *Canada Air Pilot*.

<sup>5</sup> D'après la Section 1 du *Dornier 228 Pilot's Operating Handbook*, la Vref représente la vitesse d'approche dans la configuration d'atterrissage choisie.

À 1 h 34, à 16 nm de Cambridge Bay, l'équipage a communiqué avec l'opérateur radio de l'aéroport de Cambridge Bay pour signaler sa position et l'heure d'arrivée prévue dans environ cinq minutes. L'opérateur radio a signalé qu'il n'y avait aucune circulation aérienne, que le vent soufflait du 300 degrés vrais (V) à 15 nœuds avec des rafales à 20 nœuds, et que le calage altimétrique était de 30,03 po Hg. L'avis comprenait en outre l'état de la piste telle qu'elle avait été observée à 15 h 48, le 12 décembre, mais non la visibilité au moment de la communication. L'opérateur radio a demandé au pilote de lui communiquer les conditions après l'atterrissage. En raison d'un écart entre les valeurs des deux altimètres barométriques, ce que les pilotes avaient remarqué lors du vol précédent, l'altimètre du commandant de bord a été réglé au bon calage altimétrique, et la lecture d'altitude de l'altimètre du copilote a été établie en fonction de celle de l'altimètre du commandant de bord.

À 1 h 38, à cinq nm au nord de LEXUP, l'avion est descendu à 2100 pieds asl et sorti des nuages. L'équipage pouvait voir par intermittence le relief formé de rochers noirs contre la neige blanche. Une descente a alors été amorcée pour atteindre 1200 pieds asl. À un mille marin de LEXUP, le train d'atterrissage a été sorti et le copilote a commencé la liste de vérifications en préparation de l'atterrissage. Sauf pour d'autres tâches demandées par le commandant de bord, le copilote a poursuivi l'exécution de la liste de vérifications jusqu'à ce que l'avion percute le sol.

Les données du radar à longue portée et du radar à courte portée du ministère de la Défense nationale, qui sont installés à Cambridge Bay, ont facilité l'enquête car on a pu obtenir des renseignements sur la position et l'altitude de l'avion accidenté. On a ainsi pu déterminer la route et la vitesse sol à l'aide de ces données. Le dernier écho radar fiable reçu à 1 h 42 min 35 s indique que l'avion se trouvait près du prolongement de l'axe de piste, à environ 1,9 nm du seuil de la piste 31 vrais et à 0,4 nm du lieu de l'écrasement.

Peu après avoir dépassé LEXUP, le commandant de bord a remarqué que le récepteur GPS n'était pas passé automatiquement au point de cheminement d'approche interrompue au seuil de la piste 31 vrais. Pendant que le copilote reprogrammait le récepteur GPS pour obtenir une route directe vers le seuil de piste, l'avion s'est dirigé vers le sud sur une trajectoire presque perpendiculaire à la trajectoire de rapprochement de la piste. Le récepteur GPS a donné une trajectoire directe vers le seuil de piste à un cap de 319 degrés vrais, soit 11 degrés de plus que la trajectoire d'approche finale publiée (308 degrés vrais). À environ 1,3 nm au sud du prolongement de l'axe de piste, l'avion a entamé un virage vers la droite et s'est dirigé vers la lumière diffuse émanant de l'agglomération de Cambridge Bay sur une trajectoire variant de 332 degrés vrais à 020 degrés vrais. On a amorcé une descente de 400 à 500 pieds par minute à ce moment-là. Les dernières données radar sur l'altitude recueillies à 1 h 40 min 53 s indiquaient que, à 5,8 nm du seuil de piste, l'avion se trouvait à 810 pieds asl. À 1 h 41 min 30 s, l'alerte de l'altitude radar réglée à 500 pieds s'est déclenchée, et le copilote l'a signalée au commandant de bord. Ni l'un ni l'autre des pilotes n'a de nouveau fait allusion aux altitudes d'approche publiées ou réelles ni surveillé les altimètres de l'avion durant le reste de l'approche.

L'avion a intercepté le prolongement d'axe de piste pour une deuxième fois à 2,8 nm du seuil de piste. À 2,1 nm, un virage vers la gauche a été entamé en direction de l'axe de piste (voir l'Annexe B - relevé radar de C-FYEV). Lorsque la faible lueur des feux stroboscopiques de guidage vers la piste a été en vue, le commandant de bord a viré en direction de la piste. L'équipage ne pouvait pas voir l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) placé du côté gauche de la piste, à 1000 pieds du seuil de piste. Comme la chute de neige et la poudrierie réfléchissaient la lueur des phares d'atterrissage de l'avion, le commandant de bord a demandé à ce qu'on les éteigne, et il s'est fait confirmer par l'opérateur radio de l'aéroport de Cambridge Bay que le balisage lumineux de la piste était réglé à la puissance maximale. Le commandant de bord voyait au plus deux feux de piste. Quinze secondes avant l'impact, les hélices ont été réglées à la position SPEEDS HIGH et les volets, à la position FLAPS 1. L'avion a percuté le sol pendant sa descente à faible pente, les ailes à l'horizontale, à un cap de 310 degrés vrais. Il s'est immobilisé sur un terrain plat enneigé à proximité du prolongement de l'axe de piste, à 542 pieds du point d'impact initial, à 70 pieds asl.

Les occupants ont immédiatement évacué l'avion par la porte principale de la cabine et les hublots issues de secours. Après avoir évalué l'état de l'avion, l'équipage et les passagers sont de nouveau entrés dans la cabine pour se protéger du mauvais temps. L'équipage a informé l'opérateur radio de l'aéroport de Cambridge Bay de l'accident. Une équipe de sauvetage au sol s'est rendue sur le lieu de l'accident en motoneiges, dans les trente minutes qui ont suivi. Les pilotes allumaient de temps en temps les phares d'atterrissage de l'avion pour faciliter les recherches de l'équipe de sauvetage.

### *Conditions météorologiques*

Avant de quitter Resolute Bay, l'équipage a vérifié les conditions météorologiques publiées à 22 h pour Cambridge Bay, lesquelles étaient les suivantes : vent du 250 degrés vrais à 13 nœuds avec rafales jusqu'à 19 nœuds, visibilité de 8 milles terrestres (sm) dans des chutes de neige de faible intensité et de la poudrierie, nuages fragmentés à 7000 pieds au-dessus du sol (agl), température de -25 °C, point de rosée de -28 °C, calage altimétrique de 30,44 po Hg.

Pendant le vol, l'équipage a reçu un bulletin à jour des conditions régnant à Cambridge Bay, qui était fondé sur l'observation de 23 h, lesquelles étaient les suivantes : vent du 310 degrés vrais à 18 nœuds, visibilité de 2 ¼ sm dans de la poudrierie, nuages fragmentés à 2500 pieds agl, couvert nuageux à 9000 pieds agl, température de -26 °C, point de rosée de -33 °C, calage altimétrique de 30,06 po Hg, remarque : visibilité variable de 1 ½ à 3 sm.

Au moment de l'accident, un bulletin spécial publié à 1 h 37 était en vigueur. Ce bulletin indiquait que les conditions météorologiques étaient les suivantes à Cambridge Bay : vent du 300 degrés vrais à 14 nœuds, visibilité de 1 sm dans des chutes de neige de faible intensité et de la poudrierie, couvert nuageux à 2000 pieds agl, remarque : visibilité variable de ¾ à 1 ¼ sm. L'équipage de C-FYEV n'a pas reçu ces renseignements.

## *Équipage de conduite*

Les deux pilotes étaient qualifiés pour le vol en question, conformément à la réglementation en vigueur. Le commandant de bord totalisait 13 400 heures de vol dont 802 sur le type en question. Le copilote totalisait 850 heures de vol dont 470 sur ce type. Les deux pilotes avaient eu plusieurs jours de congé avant d'effectuer le vol de mise en place à destination de Resolute Bay, le 12 décembre.

Avant le vol à destination de Resolute Bay, l'équipage s'est couché environ deux heures plus tôt qu'à l'habitude, et il s'est levé environ quatre heures plus tôt qu'à l'habitude. Après leur arrivée à Resolute Bay, les membres d'équipage ont pris une chambre d'hôtel, et ils se sont reposés conformément aux normes prescrites relativement au temps de vol et de service. Au cours de l'escale de dix heures, ils se sont reposés huit heures dans un endroit jugé propice au repos, et ils ont dormi environ cinq heures. Ils ont repris leur service à 22 h 30, au moment où ils se sont rendus à l'aéroport afin de préparer le vol de retour à destination de Yellowknife. À ce moment-là, ils se considéraient comme bien reposés. Toutefois, les membres d'équipage ne se rendent pas toujours compte à quel point la fatigue peut influencer sur le rendement. Le vol de la veille s'était déroulé de jour et, avant ce vol, les membres d'équipage avaient travaillé de jour et dormi la nuit.

Le vol de Resolute Bay à Yellowknife était prévu durant les heures de sommeil normales des pilotes. L'heure de l'accident, 1 h 42, correspond à une baisse normale du rythme circadien d'un travailleur de jour, alors que les fonctions cognitives, la dextérité manuelle, le temps de réaction et le raisonnement sont considérablement altérés<sup>6</sup>.

Habituellement, le sommeil que se procure une personne durant sa période d'éveil normale n'est pas d'assez bonne qualité pour être complètement réparateur<sup>7</sup>. Le sommeil que l'on emmagasine en prévision d'un travail qui doit être exécuté de nuit peut contrer, jusqu'à un certain point mais pas nécessairement totalement, la somnolence et la fatigue<sup>8</sup>. Toutefois, même une période de sommeil de huit heures serait insuffisante pour changer le rythme circadien d'un équipage qui prévoit effectuer un vol de nuit, à une heure tardive<sup>9</sup>. Des études ont démontré que l'adaptation du rythme circadien en vue d'inverser les heures de sommeil et d'éveil prend au moins deux jours dans le milieu étroitement contrôlé d'un laboratoire, tandis

---

<sup>6</sup> T.H. Monk, *Shiftwork: Determinants of coping ability and areas of application*, Advance in the Biosciences, 1988, page 73, pages 195-207.

<sup>7</sup> E.D. Weitzman et D.F. Kripke, *Experimental 12-hour Shift of the Sleep-Wake Cycle in Man: Effects on Sleep and Physiological Rhythms*, sous la direction de L.C. Johnson, D.I. Tepas, W.P. Colquhoun et M.J. Colligan, Biological Rhythms, Sleep and Shift Work, Spectrum Publishing (New York), 1981, pages 93-110.

<sup>8</sup> M.R. Rosekind, P.H. Gander et D.F. Dinges, *Alertness management in flight operations: strategic napping*, documents techniques de SAE n° 9121381991.

<sup>9</sup> K.E. Klein et H.M. Wegmann, *Significance of Circadian Rhythms in Aerospace Operations*, NATO AGARD, NATO AGARDograph n° 247, Neuilly-sur-Seine (France), 1981.

qu'il peut prendre jusqu'à 14 jours dans un environnement non contrôlé. Durant la période d'adaptation, une baisse de rendement peut être évidente<sup>10</sup>.

Il n'était pas habituel pour l'entreprise de demander à ses équipages de changer de quart de travail après un court préavis. Son programme de la gestion de la fatigue respectait les exigences réglementaires, et il ne comprenait aucune compensation relativement aux changements des quarts de travail.

## *Aéronef*

Les dossiers indiquent que l'avion était certifié, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. Summit Air Charters Ltd. avait fait l'acquisition de C-FYEV peu de temps avant l'accident, et il s'agissait de son premier vol contre rémunération. L'avion était équipé de deux récepteurs GPS Garmin 430W alors que le reste de la flotte de l'entreprise était équipée de récepteurs GPS King KLN94. Il ne comprenait aucun directeur de vol ou pilote automatique. C'était la première fois que l'équipage de conduite pilotait C-FYEV. L'avion était équipé d'un enregistreur de la parole dans le poste de pilotage, mais il n'était pas équipé d'un enregistreur de données de vol et la réglementation ne l'exigeait pas.

## *Opérations GPS*

Le certificat d'exploitation aérienne de l'entreprise comprenait la spécification d'exploitation 100 qui autorisait l'exécution de vols de croisière et d'approches aux instruments à l'aide du récepteur GPS KLN94. L'exécution d'opérations aériennes GPS autonomes dépend de la formation et de la démonstration des compétences requises pour l'utilisation du récepteur, des procédures d'utilisation normalisées et de la délivrance d'une spécification d'exploitation précisant le type d'avionique GPS<sup>11</sup>. Rien n'indiquait dans les dossiers de l'entreprise que Transports Canada avait approuvé l'utilisation du récepteur GPS Garmin 430W ou que la formation et un programme de contrôle des compétences des pilotes avaient été mis en place relativement à ce récepteur. Les deux pilotes avaient reçu la formation et étaient qualifiés pour piloter à l'aide du récepteur GPS King KLN94, mais ils n'avaient acquis aucune expérience ni suivi de formation relativement au récepteur GPS Garmin 430W.

---

<sup>10</sup> R.C. Graeber, *Jet Lag and Sleep Disruption*, sous la direction de M. H. Kryger, T. Roth et W. C. Dement, *Principles and Practice of Sleep Medicine*, W. B. Saunders Company, Philadelphie, 1989, pages 324-331.

<sup>11</sup> Circulaire d'information de l'Aviation commerciale et d'affaires (CIACA) n° 0123R.

## *Altimètres*

C-FYEV était équipé de deux altimètres barométriques d'Intercontinental Dynamics Corporation, référence 570-24929-402. L'un des appareils était monté du côté gauche du tableau de bord devant le commandant de bord (altimètre n° 1) et l'autre, du côté droit, devant le copilote (altimètre n° 2). Pendant la vérification des systèmes, avant de quitter Yellowknife, les pilotes ont remarqué que lorsqu'ils calaient les deux altimètres à la même pression barométrique, ces derniers affichaient des altitudes différentes. L'altimètre n° 1 donnait une altitude d'environ 130 pieds de plus que l'altimètre n° 2 lorsque les deux appareils étaient calés à la même pression barométrique. Comme l'altimètre n° 1 était doté d'un codage de l'altitude en mode C, on avait décidé de régler celui-ci en fonction du calage altimétrique publié et de régler l'altimètre n° 2 de façon à ce qu'il corresponde à l'altitude affichée ainsi obtenue.

Les pilotes n'ont pas comparé les lectures d'altitude des deux altimètres aux altitudes publiées des aérodromes avant le départ. Un des points de la liste de vérifications après le démarrage de l'avion prescrit le contrôle du calage altimétrique (ALTIMETERS - SET RIGHT/LEFT). Aucune autre procédure d'exploitation normalisée ne permettait de relever des écarts de lecture des altimètres.

Après l'accident, on a remarqué que l'altimètre n° 1 avait été réglé au bon calage altimétrique pour Cambridge Bay, soit 30,03 po Hg, ce qui donnait une altitude de 175 pieds asl. L'altimètre n° 2 avait été calé à 30,17 po Hg, ce qui donnait une altitude de 200 pieds asl.

Les deux altimètres ont été examinés par le Laboratoire technique du BST, où l'on a déterminé que l'altimètre n° 2 (numéro de série 2478) était étalonné conformément aux spécifications du fabricant. Il avait été mis à l'essai, et sa certification avait été renouvelée en vertu de l'Appendice B de la sous-partie 571 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), le 22 avril 2008; il avait été installé dans C-FYEV le 25 avril 2008.

Les essais du BST ont permis de déterminer que l'altitude obtenue au moyen de l'altimètre n° 1 (numéro de série 1386) était trop élevée de 130 pieds. On a remarqué qu'il était difficile de tourner le mécanisme à aiguille permettant de caler la pression barométrique de l'altimètre en question, et que sa rotation semblait irrégulière. Lorsque le boîtier a été démonté, on a constaté que l'engrenage d'entraînement (référence 24319) était endommagé.

L'échelle de pression barométrique et les aiguilles sur la face des altimètres se règlent par le déplacement de trains d'engrenage internes distincts qui sont entraînés et synchronisés par un engrenage d'entraînement commun (référence 24319), lequel est relié à la tige du bouton. La tige est entraînée lorsque l'on tourne manuellement le bouton de calage situé sur la face du boîtier de l'altimètre.



Une fois le mécanisme de calage de la pression barométrique/à aiguille démonté, on a constaté que le goujon (référence 25096) s'insérait de façon lâche dans le trou de la tige du bouton et l'engrenage d'entraînement (référence 24319). Comme le goujon fixe l'engrenage à la tige du bouton, l'écart entre la dimension du trou et celle du goujon laissait un jeu d'environ 0,006 pouce. Le manuel d'entretien de l'altimètre (*Component Maintenance Instruction Manual*) stipule que, durant l'inspection, le jeu permis entre toute pièce tournante de l'altimètre est de 0,003 ( $\pm 0,001$ ) pouce, à moins d'avis contraire. La tige du bouton était faussée d'environ un degré entre l'épaulement et l'extrémité filetée, et on remarquait des empreintes d'outil dans la partie de l'épaulement. Les dossiers n'ont pas permis de déterminer la date à laquelle les dommages ont été causés.

Un mauvais alignement de l'engrenage d'entraînement, causé par la tige du bouton faussée, combiné au jeu sur les plans radial et axial ont provoqué un mauvais engrènement de l'engrenage d'entraînement et du train d'engrenage à aiguille (référence 24593), ce qui a usé de façon anormale et endommagé l'engrenage, référence 24319; on constatait des marques de frottement, d'usure avancée et de séparation des pointes de cinq dents (voir l'Annexe C - Engrenage endommagé de l'altimètre n° 1).

Comme l'extrémité arrière de l'engrenage d'entraînement agit seulement sur le train d'engrenage de calage de l'aiguille, la défaillance de la denture n'a pas eu de répercussions sur le calage de l'échelle de pression barométrique. Cependant, lorsqu'on tournait le bouton, la denture brisée de l'engrenage d'entraînement glissait sur l'engrenage que celui-ci devait entraîner, et le mouvement des aiguilles n'était pas synchronisé à celui du train d'engrenage servant à caler la pression barométrique. Le manque de synchronisme des mouvements a altéré l'étalonnage de l'altimètre. Le glissement sur les cinq dents endommagées a créé un décalage de 139 pieds, ce qui correspond à l'erreur de 130 pieds relevée par l'observateur<sup>12</sup>. Des dommages semblables, bien que moins importants, ont été relevés lors de l'examen de l'altimètre n° 2, mais ils n'ont pas altéré son étalonnage.

En avril 2008, l'altimètre n° 1 avait été déposé en raison d'un écart d'étalonnage alors qu'il se trouvait dans un autre aéronef. Le 10 juin 2008, on a réétalonné l'instrument et renouvelé sa certification. Le 15 octobre 2008, il a été posé dans C-FYEV. Aucun dossier n'indique que l'instrument a été démonté et inspecté.

Le manuel d'entretien de l'altimètre, *Component Maintenance Instruction Manual*, ne précise pas la durée de vie utile entre les révisions, et le démontage de l'instrument se fait en fonction de son état. La partie du manuel traitant du dépannage indique que le fonctionnement irrégulier d'un bouton de calage peut être causé par des dents d'engrenage endommagées. Les instructions prescrivent l'inspection du train d'engrenage et la vérification de toute déviation de la tige du bouton. Habituellement, le manuel en question est seulement utilisé par les installations chargées de la réparation des instruments, et il n'est pas offert aux organismes de maintenance des exploitants.

## *Aéroport de Cambridge Bay*

<sup>12</sup>

Pour calculer le décalage en pieds, il faut diviser le nombre de dents endommagées par le nombre de dents de l'engrenage, puis multiplier le résultat par 1000 pieds.

L'aéroport de Cambridge Bay est géré par la Région de Kitikmeot du gouvernement du Nunavut, et il est situé dans un espace aérien non contrôlé et non-radar. En plus de l'approche RNAV (GNSS), il est possible d'exécuter deux autres procédures d'approche aux instruments de la piste 31 vrais au moyen d'aides à la navigation classiques, ce que l'équipement de C-FYEV lui permettait de faire. Même si ces approches s'offraient à lui, l'équipage n'a pas utilisé ces systèmes de guidage pour effectuer son approche.

- VOR/DME<sup>13</sup> RWY 31 True (GNSS) : l'altitude minimale de descente (MDA) de 400 pieds et la visibilité recommandée<sup>14</sup> de 1 sm correspondaient à l'approche choisie par l'équipage.
- NDB<sup>15</sup> RWY 31 True : la MDA de 600 pieds asl (517 pieds agl) et visibilité recommandée de 1 ½ sm.

Un indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI)<sup>16</sup> se trouvait du côté gauche de la piste 31 vrais, à 1000 pieds du seuil de piste, et il était étalonné pour indiquer une pente d'approche de trois degrés.

En 2007, le directeur des programmes de transport du gouvernement du Nunavut a distribué au personnel de l'aéroport la directive de sécurité n° 6 faisant partie du manuel du programme de sécurité de l'aéroport, dans laquelle on prescrit une inspection hebdomadaire des PAPI pour confirmer leur bon alignement. L'entrepreneur chargé de ce travail à l'aéroport de Cambridge Bay n'a pas été en mesure d'exécuter cette tâche, et il n'y avait aucun dossier écrit entre le 18 novembre et le 16 décembre 2008 pour confirmer l'alignement des PAPI. Les inspections du balisage lumineux de l'aéroport de Cambridge Bay effectuées les 10 et 14 décembre 2008 n'ont révélé aucun problème. La fiche d'inspection du 14 décembre indique toutefois que de la poudrière s'était accumulée dans le PAPI, et que celle-ci avait été enlevée par le personnel chargé de l'entretien de la piste au cours d'inspections courantes.

L'altitude de passage minimale publiée à LEXUP est de 800 pieds asl. La MDA au point de cheminement du seuil de piste est de 400 pieds asl. Si l'on utilise un taux de descente constant pour parcourir les 5 nm entre ces deux points de cheminement, il faut suivre un angle de

---

<sup>13</sup> VOR : Radiophare omnidirectionnel très haute fréquence; DME : équipement de mesure de distance.

<sup>14</sup> Assujetties à une interdiction d'approche, les visibilités à l'atterrissage publiées associées aux procédures d'approche aux instruments s'avèrent des recommandations. Elles ne constituent pas une limite, et elles sont mises à la disposition des pilotes simplement pour qu'ils puissent évaluer la probabilité de réussir un atterrissage par comparaison avec les comptes rendus de visibilité disponibles à l'aérodrome vers lequel l'approche aux instruments est effectuée (*Canada Air Pilot, NAV CANADA*).

<sup>15</sup> NDB : radiophare non directionnel.

<sup>16</sup> L'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI), qui est constitué de quatre feux du côté gauche de la piste et visible à une distance d'au moins quatre milles marins, est disposé de façon à fournir une indication visuelle de la pente d'approche souhaitée vers une piste (*Manuel d'information aéronautique* de Transports Canada)

descente de moins d'un degré. À 3,7 nm du seuil de piste, le point où C-FYEV a franchi les 500 pieds agl, la hauteur normale au-dessus du sol serait de 620 pieds agl. D'un point situé à 16 nm au nord de l'aéroport de Cambridge Bay, le temps nécessaire pour effectuer une approche complète aux instruments en passant par le point de cheminement SEDIX<sup>17</sup> à une vitesse-sol de 120 nœuds aurait été d'environ quatre minutes de plus que le temps nécessaire pour se rendre directement à LEXUP, puis au seuil de la piste 31 vrais.

### *Approches à vue*

Le RAC stipule que les équipages de conduite doivent exécuter une procédure aux instruments publiée dans un espace aérien non contrôlé dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC). À son arrivée à Cambridge Bay, l'avion était piloté dans des conditions IMC.

Le *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne* (ATC MANOPS) de NAV CANADA prévoit que le contrôle de la circulation aérienne (ATC) peut autoriser un aéronef suivant un plan de vol IFR, évoluant dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC) et guidé par l'ATC, à déroger à une procédure d'approche aux instruments pour exécuter une approche à vue. Durant le vol en provenance de Resolute Bay et l'approche de Cambridge Bay, C-FYEV évoluait dans un espace aérien non contrôlé, et il n'était pas tenu d'obtenir une autorisation de l'ATC.

De même, l'approche contact ne s'applique pas dans ce cas-ci. Elle consiste en une approche où un aéronef suivant un plan de vol IFR peut s'écarter de la procédure aux instruments et continuer jusqu'à l'aéroport de destination par repérage visuel du sol, à condition d'avoir une autorisation de l'ATC et d'évoluer hors des nuages avec une visibilité en vol d'au moins un mille marin qui durera en toute probabilité jusqu'à cet aéroport.

### *Impact sans perte de contrôle (CFIT)*

L'impact sans perte de contrôle (CFIT) se définit comme un accident au cours duquel un aéronef en état de navigabilité en vol contrôlé est conduit contre le relief, des obstacles ou un plan d'eau sans que l'équipage ne se doute qu'une collision est sur le point de se produire. Ce type d'accident peut se produire durant toutes les étapes de vol, mais il se produit couramment durant les étapes d'approche à l'atterrissage. Les risques de CFIT augmentent en présence des conditions suivantes<sup>18</sup> :

---

<sup>17</sup> SEDIX est un point de cheminement par le travers associé à l'approche RNAV (GNSS) de la piste 31 vrais.

<sup>18</sup> Liste de vérifications CFIT de la Fondation pour la sécurité aérienne.

- vol à vue de nuit dans des conditions IMC;
- espace aérien non contrôlé, plus particulièrement des aérodromes non contrôlés;
- balisage lumineux d'approche limité;
- aucun service de contrôle de la circulation aérienne.

Les programmes de formation des pilotes et les procédures d'exploitation normalisées sont conçus de façon à atténuer les risques de CFIT associés aux facteurs susmentionnés. L'entreprise offrait aux deux ans une formation sur l'évitement de CFIT, et les dossiers de formation de l'entreprise indiquaient que le commandant de bord et le copilote avaient suivi la formation en question dans les douze mois ayant précédé l'accident.

Le manuel d'exploitation de Summit Air Charters établissait une visibilité minimale de trois milles marins pour effectuer un vol à vue (VFR) de nuit.

Le manuel d'exploitation de l'entreprise indiquait les appels du pilote non aux commandes et les confirmations du pilote aux commandes qui devaient être faits à 100 pieds au-dessus de certaines altitudes, dont l'altitude minimale de descente dans le cadre d'une approche aux instruments. De telles exigences n'étaient pas requises dans le cadre d'une approche à vue.

## *Analyse*

### *Approche à vue*

Entre le début du vol à Resolute Bay et l'accident, la visibilité s'était détériorée à Cambridge Bay pour passer de 8 sm à aussi peu que  $\frac{3}{4}$  sm. La dernière observation communiquée à ce sujet à l'équipage faisait état d'une visibilité variable, de  $1\frac{1}{2}$  sm à 3 sm, dans de la neige et de la poudrière; les conditions météorologiques se situaient donc parfois sous les limites des conditions VFR. L'équipage aurait dû exécuter une approche selon les règles de vol aux instruments (IFR). En ne suivant pas toutes les règles d'approche aux instruments et en exécutant une version simplifiée d'une approche à vue, l'équipage a dû s'en remettre aux règles de vol à vue lorsque les conditions météorologiques se sont détériorées sous le seuil des conditions VFR minimales, ce qui a atténué la protection contre l'impact sans perte de contrôle qu'offraient les procédures aux instruments publiées et les procédures d'exploitation normalisées connexes de l'entreprise.

### *Contrôle de l'altitude*

Les tâches des membres d'équipage n'ont pas été définies lorsqu'ils ont discuté de l'approche. À l'exception des altitudes minimales de secteur et de passage à LEXUP, aucune autre altitude minimale de descente n'a été mentionnée, tout comme le profil de descente en approche finale et les procédures d'approche interrompue. Par conséquent, lorsque l'avion est descendu prématurément sous l'altitude minimale requise pour une approche aux instruments, aucune mise en garde n'a averti l'équipage qu'il devait interrompre l'approche. Par faible visibilité, de nuit et au-dessus d'un relief non éclairé, il aurait été difficile d'estimer visuellement la hauteur de l'avion au-dessus du sol.

Pendant l'approche, le copilote portait son attention sur la nouvelle programmation du récepteur GPS et l'exécution de la liste de vérifications en préparation de l'atterrissage. Le commandant de bord portait son attention à l'extérieur de l'avion puisqu'il pilotait à l'aide des références visuelles qu'offrait la lumière diffuse de la ville et de l'aéroport. À l'exception de l'appel relatif à l'alerte de l'altimètre radar à 500 pieds, ni l'un ni l'autre des pilotes n'a surveillé ni contre-vérifié l'altitude à l'approche. Alors que l'avion était à 500 pieds agl, son altitude était inférieure d'environ 120 pieds à celle qui aurait été requise pour un profil de descente constant dans le cadre d'une approche aux instruments.

### *Formation à l'utilisation du GPS*

Même si les pilotes de C-FYEV avaient suivi une formation sur l'utilisation du récepteur GPS KLN94, ils n'avaient reçu aucune formation relativement à l'utilisation du récepteur GPS Garmin 430W posé dans l'avion. Par conséquent, pour le vol en question, ils étaient qualifiés pour effectuer un vol IFR au moyen des seules aides à la navigation au sol comme source de renseignements principale. Ils ont probablement été distraits par leur méconnaissance du récepteur GPS et leur difficulté à le régler correctement alors qu'ils devaient surveiller les bons profils d'approche verticalement et horizontalement. L'approche VOR/DME complète de la piste 31 vrais aurait permis à l'équipage d'exécuter l'approche à l'aide d'équipement qu'ils connaissaient bien. L'approche en question se fait à la même altitude de descente minimale et aux mêmes limites de visibilité recommandées que l'approche qu'ils avaient choisie.

### *Altimètres*

Durant les vols de Yellowknife, de Cambridge Bay et de Resolute Bay, les deux altimètres posés dans l'avion donnaient des lectures différentes. Les pilotes se sont rendu compte de l'écart, et ils y ont remédié en réglant l'altimètre du copilote de façon à ce qu'il corresponde à celui du commandant de bord. L'équipage n'a pas établi que l'altimètre du commandant de bord donnait des valeurs erronées, même s'il lui était possible de déterminer lequel des instruments était défectueux en comparant les lectures obtenues au sol avec des altitudes connues. Comme l'altitude n'a pas fait l'objet d'une surveillance par rapport à la position de l'avion durant les dernières étapes de l'approche de Cambridge Bay, il est peu probable que cette erreur ait joué un rôle important dans l'accident en question. L'entreprise n'a aucune procédure d'exploitation normalisée pour repérer des erreurs associées aux altimètres.

Un bouton de réglage barométrique de l'altimètre tournant de façon irrégulière peut indiquer la détérioration de l'engrenage interne, laquelle peut entraîner un mauvais étalonnage. Comme les seules mentions de ce problème se trouvent dans le manuel d'entretien de l'altimètre, *Component Maintenance Instruction Manual*, qui n'est habituellement pas offert aux organismes de maintenance des exploitants, il est possible qu'un avion puisse être mis en service malgré un instrument défectueux et des erreurs potentielles d'étalonnage. Un glissement de la denture endommagée peut donner des lectures d'altitude erronées.

## *Fatigue*

Les membres d'équipage se sont couché tôt la nuit précédant le vol à destination de Resolute Bay, mais ils se sont levés plus tôt qu'à l'habitude, ce qui a probablement atténué la qualité de leur sommeil. Même si le sommeil acquis le jour suivant était probablement moins réparateur parce que les membres d'équipage avaient dormi durant l'après-midi, il n'en demeure pas moins que ce sommeil a dû contrer les effets du lever matinal et, dans une certaine mesure, préparer l'équipage pour le vol de retour à destination de Yellowknife prévu plus tard cette nuit-là. Toutefois, même huit heures de sommeil n'auraient pas suffi pour changer le rythme circadien de l'équipage et contrer complètement la baisse de rendement engendrée par l'heure tardive du vol de nuit, alors que les membres d'équipage auraient atteint physiquement un creux circadien. La réglementation actuelle entretient la perception qu'une période de repos de huit heures est suffisante pour reprendre son service ou le vol. Cependant, lorsque des pilotes tentent de piloter plus tard un même jour, durant un creux circadien, leur rendement risque d'être à la baisse, car il est difficile de changer une horloge biologique aussi rapidement. Il est possible que la fatigue ait réduit le niveau de rendement cognitif et la capacité décisionnelle de l'équipage durant le vol.

## *PAPI*

Les PAPI de Cambridge Bay n'avaient pas été inspectés conformément au manuel du programme de sécurité de l'aéroport. Même si l'étalonnage de l'équipement n'a pas contribué au présent accident, il constituait un risque accru que l'avion dévie de la bonne trajectoire de descente, tout particulièrement de nuit dans des conditions de visibilité réduite.

L'enquête a donné lieu aux rapports de laboratoire suivants :

LP 006/2009 - *Encoding Altimeter Testing* (mise à l'essai de l'altimètre)

LP 028/2009 - *Radar Data Analysis* (analyse des données radar)

On peut obtenir ces rapports en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

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

1. Une approche à vue simplifiée a été exécutée de nuit dans des conditions météorologiques de vol aux instruments, et l'équipage de conduite n'a pas été en mesure d'obtenir suffisamment de repères visuels pour estimer la hauteur de l'avion au-dessus du sol.
2. En approche, l'équipage de conduite n'a pas surveillé la position de l'avion au-dessus du sol en fonction des lectures des altimètres ou des exigences prescrites en matière d'altitudes minimales, ce qui a causé un impact sans perte de contrôle.
3. Les pilotes n'avaient pas suivi de formation ni fait l'objet d'un contrôle des compétences relativement au système de positionnement à couverture mondiale (GPS) posé dans l'avion, et ils ne savaient pas comment bien l'utiliser.

Les tentatives visant à régler le récepteur ont probablement distraité les pilotes qui tentaient de maintenir la trajectoire et la hauteur requises pendant l'approche finale.

## *Faits établis quant aux risques*

1. Les indicateurs de trajectoire d'approche de précision (PAPI) de Cambridge Bay n'avaient pas été inspectés conformément au manuel du programme de sécurité de l'aéroport. Même si l'étalonnage de l'équipement n'a pas contribué à l'accident en question, il constituait un risque accru que l'avion dévie de la bonne trajectoire de descente, tout particulièrement de nuit dans des conditions de visibilité réduite.
2. L'équipage de conduite ne s'est pas suffisamment attardé à contre-vérifier le bon fonctionnement des altimètres, et il n'a pas déterminé lequel des instruments manquait de précision. Par conséquent, la référence a été établie en fonction de l'altimètre défectueux, ce qui a fait augmenter les risques d'impact sans perte de contrôle.
3. Les organismes de maintenance des exploitants n'ont habituellement pas accès aux renseignements de dépannage contenus dans le manuel d'entretien de l'altimètre, *Component Maintenance Instruction Manual*, publié par Intercontinental Dynamics Corporation. Par conséquent, des avions risquent d'être mis en service avec des instruments endommagés finissant par ne plus être étalonnés correctement en vol.
4. Le vol s'est déroulé durant une période où le rythme circadien de l'équipage pouvait engendrer une baisse du rendement cognitif et physique, à moins que l'équipage ne se rende compte du problème et gère la situation en conséquence.

## *Mesures de sécurité prises*

### *Summit Air Charters*

L'entreprise a modifié ses politiques et ses procédures d'exploitation normalisées de la façon suivante :

- Les exposés concernant l'approche se tiendront avant d'amorcer la descente, et ils traiteront des aspects critiques de l'approche.
- Pour un vol de nuit, un exposé prévoyant un vol à vue (VFR) est acceptable seulement si le plafond se trouve au-dessus de l'altitude minimale de secteur applicable et que la visibilité est supérieure à 5 milles terrestres (sm). Si une approche à vue (VFR) de nuit est exécutée, l'avion ne peut pas descendre sous l'altitude minimale de sécurité avant qu'il ne soit établi sur la trajectoire d'approche finale. L'exposé à cet effet reposera sur des données des aides à la navigation appropriées.
- Dans des conditions météorologiques de vol aux instruments, il faut faire un exposé prévoyant un vol aux instruments (IFR).

- Si une approche IFR a été publiée, les limites concernant l'altitude et la trajectoire IFR pour la piste visée doivent être respectées. Dans tous les cas, une fois l'avion établi en approche finale, une descente à partir de l'altitude minimale de sécurité peut seulement être amorcée si l'avion :
  - 1) est guidé par les feux de l'indicateur de trajectoire d'approche (s'ils existent);
  - 2) suit une trajectoire d'approche stabilisée jusqu'au toucher des roues;
  - 3) respecte les limites d'approche IFR (si elles sont fournies).
- La formation des pilotes sur l'impact sans perte de contrôle et la gestion des ressources de l'équipage a été améliorée, et elle doit maintenant être suivie tous les ans au lieu de tous les deux ans.

## *Gouvernement du Nunavut*

### Manuel de gestion de la sécurité des aéroports

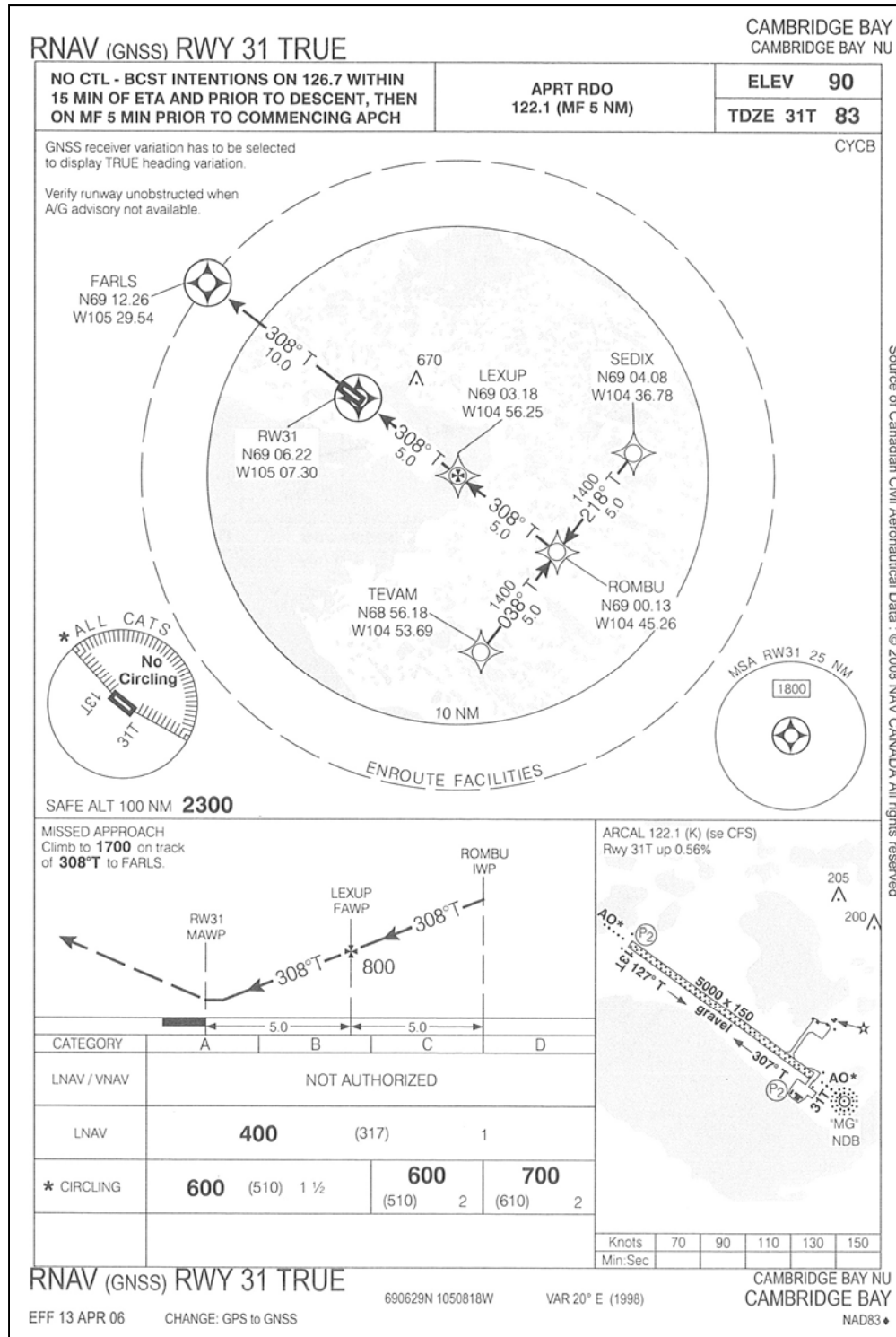
Une procédure d'inspection hebdomadaire des indicateurs de trajectoire d'approche de précision (PAPI) et des indicateurs de trajectoire d'approche de précision (APAPI) de tous les aéroports relevant du gouvernement du Nunavut a été mise en œuvre, et on a souligné son importance au personnel des aéroports. Les comptes rendus d'inspection et les rapports présentés aux directeurs régionaux sont conformes à la publication de Transports Canada, TP 312 – *Renseignements sur les aérodromes*, et au document *Airport Safety Program Manual* du gouvernement du Nunavut. Des procédures pour la conservation des dossiers, y compris les rapports d'inspection des PAPI/APAPI et tout autre document requis, sont actuellement intégrées au manuel traitant de la gestion de la sécurité des aéroports.

*Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 23 décembre 2009.*

*Visitez le site Web du BST ([www.bst-tsb.gc.ca](http://www.bst-tsb.gc.ca)) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.*



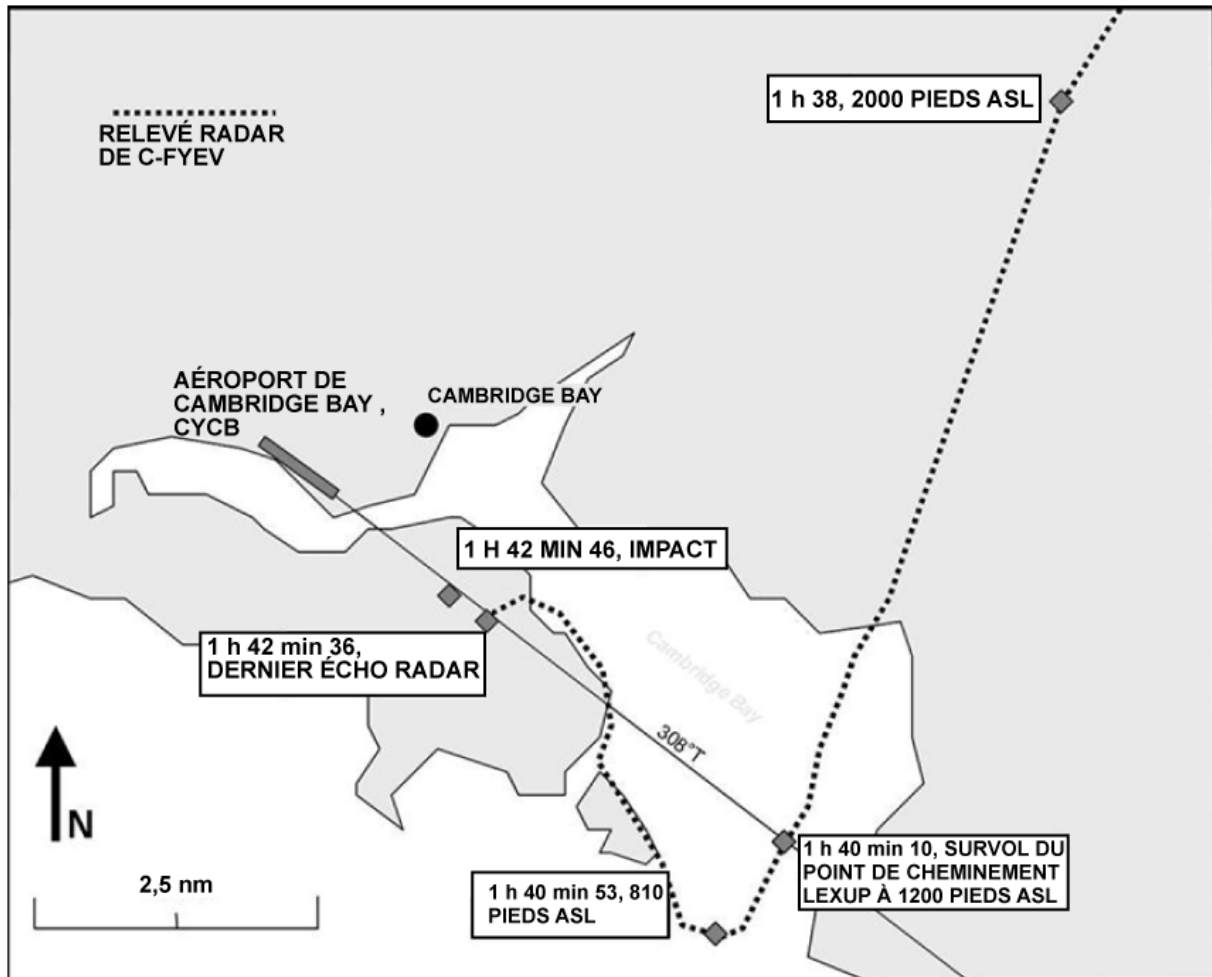
Annexe A – RNAV (GNSS) Piste 31 vrais<sup>19</sup>



**Ne pas utiliser ce schéma à des fins de navigation.**

<sup>19</sup> Ce document n'existe pas en français.

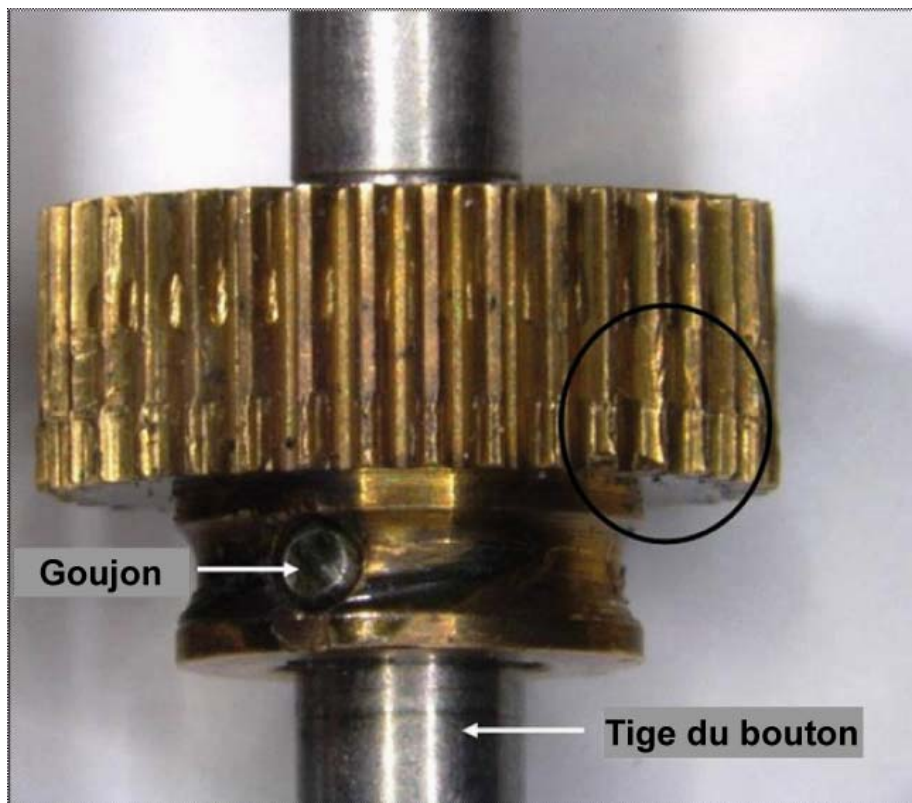
## Annexe B – Relevé radar de C-FYEV



*Annexe C – Engrenage endommagé de l'altimètre n° 1*



Engrenages de réglage de la pression barométrique/des aiguilles



Engrenage, référence 24319, dont la denture est visiblement endommagée (encerclée).