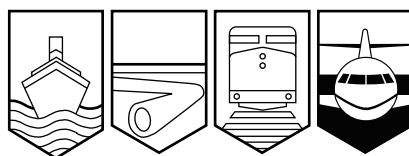


Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A01Q0122



RISQUE DE COLLISION

ENTRE

LE CESSNA 172N C-GIXH

EXPLOITÉ PAR CARGAIR LTÉE

ET

LE DE HAVILLAND DHC-8-102 C-GONH

EXPLOITÉ PAR AIR CANADA RÉGIONAL INC.

**à 6 nm au nord-est de l'AÉROPORT INTERNATIONAL DE
MONTRÉAL / DORVAL (QUÉBEC)**

LE 18 JUILLET 2001

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

Risque de collision

entre

le Cessna 172N C-GIXH

exploité par Cargair Ltée

et

le de Havilland DHC-8-102 C-GONH

exploité par Air Canada Régional Inc.

à 6 nm au nord-est de l'aéroport international de
Montréal / Dorval (Québec)

le 18 juillet 2001

Rapport numéro A01Q0122

Sommaire

Le Cessna 172N immatriculé C-GIXH, numéro de série 17267628, en provenance de l'aéroport de Mascouche (Québec), est identifié au radar et autorisé à se diriger vers le circuit touristique Ville-Marie au-dessus de Montréal (Québec) à une altitude de 1 700 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl). Une fois le circuit complété, le contrôleur assigne au Cessna 172N un cap nord et une altitude de 1 500 pieds asl. Quelques minutes plus tôt, le DHC-8-102, numéro de série 093 d'Air Canada Régional Inc, assurant le vol 728 d'Air Nova, avait été autorisé à décoller sur la piste 06 droite (06R) de l'aéroport international de Montréal/Dorval (Québec). Après le décollage, le DHC-8 est transféré au contrôleur des départs. Pendant la montée, à une altitude d'environ 2 600 pieds asl et établi sur le cap de 025 degrés, l'équipage de conduite du DHC-8 signale au contrôleur des départs qu'il descend parce qu'il a reçu un avis de résolution (RA) du système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAS/ACAS). Pendant la descente, l'équipage de conduite du DHC-8 aperçoit le Cessna à une altitude inférieure, droit devant. La descente est aussitôt interrompue pour éviter la collision. Les appareils se croisent à 6 milles marins au nord-est de Dorval, avec un espacement d'environ 200 pieds sur le plan vertical, et poursuivent leur vol sans autre incident.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Afin d'observer les feux d'artifice présentés au parc d'attractions La Ronde situé sur l'île Sainte-Hélène (Québec), le pilote a loué le Cessna 172N immatriculé C-GIXH, propriété de la compagnie Cargair Ltée. Vers 21 h 50, heure avancée de l'Est (HAE)¹, le Cessna, à bord duquel se trouvait le pilote et trois passagers, a décollé de l'aéroport de Mascouche pour effectuer le vol touristique au-dessus de Montréal selon les règles de vol à vue (VFR). Avant de pénétrer dans la zone de contrôle de Dorval, le pilote a établi la communication radio sur la fréquence de la tour de Dorval et a été identifié au radar. Il a obtenu l'autorisation de se diriger au-dessus de Montréal pour s'établir dans le circuit touristique Ville-Marie et de maintenir une altitude de 1 700 pieds asl. Le circuit Ville-Marie est de forme ovale et permet aux appareils de survoler la ville tout en restant au sud des axes de départ des pistes 06 droite (06R) et 06 gauche (06L) de l'aéroport international de Montréal / Dorval. Il s'étend sur une distance d'environ 8 milles marins (nm) sur un axe nord-est sud-ouest. L'extrémité sud-ouest est la plus rapprochée de l'aéroport et est située à 4 nm à l'est du seuil de la piste 24 gauche (extrémité de la piste 06R - voir la Figure 1).

Le Cessna s'est établi dans le circuit vers 21 h 57. En plus du Cessna, trois autres appareils étaient établis dans le circuit Ville-Marie pour observer les feux d'artifice. Vers 22 h 17, le contrôleur d'aéroport a posé des questions au pilote du Cessna sur son altitude puisque l'altitude affichée sur le radar ne correspondait pas à l'altitude à laquelle il avait été autorisé, soit 1 700 pieds asl. Pour être bien certain qu'il y avait un espacement vertical suffisant entre tous les appareils établis dans le circuit, le contrôleur s'est assuré que le pilote du Cessna avait reçu le bon calage altimétrique. Le pilote a relu le calage altimétrique et a confirmé qu'il était bel et bien à 1 700 pieds asl. À la demande du contrôleur, le pilote d'un autre appareil établi dans le même circuit à 1 500 pieds asl a confirmé qu'il avait le Cessna en vue et qu'il était à environ 200 pieds plus haut que lui. Lorsque les circuits au-dessus de la ville ont été complétés, le pilote du Cessna a demandé à se diriger vers l'aéroport international de Montréal/Mirabel (Québec) pour y effectuer un posé-décollé avant de retourner à Mascouche. Le contrôleur lui a assigné un cap nord et lui a donné l'instruction de maintenir 1 500 pieds asl.

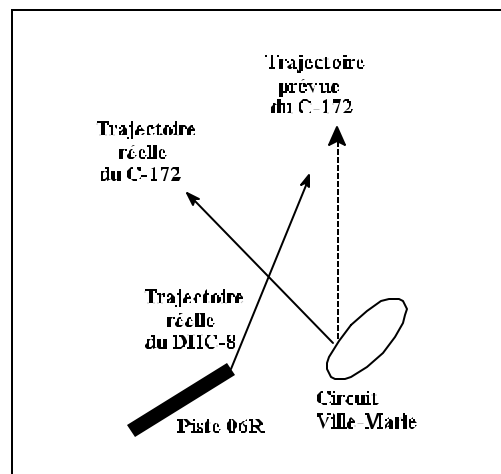


Figure 1

Moins de deux minutes avant de donner l'instruction au Cessna de maintenir le cap nord, le contrôleur avait autorisé le DHC-8 d'Air Nova à décoller de la piste 06 droite (06R) à Dorval et de virer à gauche sur un cap de 025 degrés après le décollage. Le DHC-8, à bord duquel se trouvaient 3 membres d'équipage et 16 passagers, effectuait un vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) entre Dorval et l'aéroport international de Québec/Jean-Lesage (Québec) sous l'indicatif de vol ARN 728. Lors de la montée, en passant 1 300 pieds asl, le pilote du

¹ Les heures sont exprimées en HAE (temps universel coordonné [UTC] moins quatre heures).

DHC-8 a quitté la fréquence de la tour pour contacter le contrôleur des départs. Ce dernier l'a autorisé à maintenir le cap de 025 degrés et à monter à 15 000 pieds asl. À ce moment, le Cessna était toujours sur la fréquence de la tour et traversait l'axe de départ de la piste 06R à environ 6 nm du bout de la piste en se dirigeant vers le nord-ouest.

En franchissant 2 600 pieds asl, le pilote du DHC-8 a avisé le contrôleur des départs qu'il devait descendre parce qu'il avait reçu un avis de son TCAS/ACAS. Le premier officier, qui était aux commandes, a immédiatement suivi l'instruction fournie par le TCAS/ACAS en poussant sur les commandes de vol afin de placer l'appareil en descente. Pendant la descente, l'équipage de conduite a aperçu, grâce au faisceau lumineux produit par les phares d'atterrissage, le Cessna droit devant lui à une altitude inférieure à la sienne d'environ 200 pieds. Les deux pilotes du DHC-8 ont simultanément tiré sur les commandes de vol pour éviter la collision. Presque au même moment, le pilote du Cessna a aperçu le DHC-8 et a avisé la tour qu'il descendait; le Cessna se trouvait alors à 2 250 pieds asl alors qu'il aurait dû être à 1 500 pieds asl. Les deux appareils se sont croisés avec un espacement d'environ 200 pieds sur le plan vertical, à 6 nm au nord-est de l'aéroport de Dorval. Le DHC-8 a poursuivi sa route vers Québec sans autre incident. Le Cessna s'est dirigé vers l'aéroport de Mirabel où il a effectué un posé-décollé avant de retourner à Mascouche.

Le soir de l'incident, les conditions météorologiques étaient favorables au vol à vue. Le ciel était clair et la visibilité était supérieure à 15 milles terrestres. Malgré la bonne visibilité, ce n'est qu'au moment où leur trajectoire de vol se sont croisées que les pilotes des deux appareils ont pu s'apercevoir. Lorsque deux appareils se trouvent sur des trajectoires de collision et qu'ils ont une vitesse et un cap constants, ils ont aussi un gisement constant l'un par rapport à l'autre. Dans ces conditions, chaque appareil, s'il est détecté, apparaît à chacun des pilotes comme immobile. À cause de cette illusion, il est plus difficile pour les pilotes d'établir le contact visuel.

Le pilote du Cessna était titulaire d'une licence de pilote privé en état de validité. Il détenait la licence depuis 1997 et l'annotation de nuit depuis 1998. Il totalisait 215 heures de vol dont 30 heures de vol de nuit. Les membres de l'équipage du DHC-8 possédaient les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol conformément à la réglementation en vigueur. Le commandant de bord totalisait près de 14 000 heures de vol dont 9 000 sur le DHC-8, et le premier officier totalisait quelque 5 000 heures de vol dont 2 500 sur le DHC-8.

Le contrôleur d'aéroport et le contrôleur au centre de contrôle terminal possédaient les licences et les qualifications requises par la réglementation en vigueur. Le contrôleur d'aéroport détenait la licence depuis 28 ans alors que le contrôleur terminal détenait sa licence depuis environ 22 ans. Hormis le fait que les surveillants de ces contrôleurs étaient absents au moment de l'incident, les effectifs de la tour et du centre de contrôle terminal étaient conformes aux normes de l'unité. Les deux surveillants venaient de terminer leur quart de travail lorsque l'incident s'est produit. L'information recueillie indique que l'équipement radar fonctionnait normalement lors de l'incident.

Renseignements sur le TCAS/ACAS

Le TCAS/ACAS est conçu pour fonctionner indépendamment du contrôle de la circulation aérienne (ATC). À l'heure actuelle, la réglementation canadienne n'exige pas l'utilisation de cet équipement dans l'espace aérien canadien. Le DHC-8 était équipé d'un TCAS/ACAS II. Ce type de TCAS/ACAS surveille continuellement l'espace autour de l'appareil, en interrogeant et en recherchant un signal de retour transmis par les appareils à proximité qui sont équipés d'un transpondeur. Il est conçu pour fonctionner dans un environnement à haute densité de trafic et peut détecter jusqu'à 24 appareils dans un rayon de 5 nm.

Le signal de retour est traqué par le TCAS/ACAS, lui permettant de prédire des trajectoires de vol. Le TCAS/ACAS est conçu pour empêcher les autres appareils de pénétrer dans la zone de collision (voir la Figure 2). Le TCAS/ACAS définit cette zone comme un espace aérien en trois

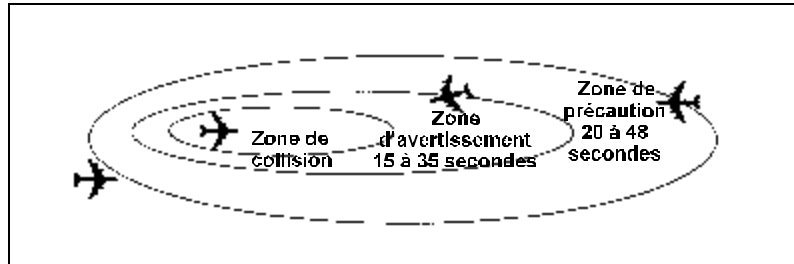


Figure 2

dimensions dont les dimensions physiques varient en fonction du taux de rapprochement. Si un aéronef se trouve sur une trajectoire de vol qui va l'amener dans la zone de collision d'un appareil équipé d'un TCAS/ACAS, le système émet un avis au pilote. Le TCAS/ACAS II donne deux types d'avis : des avis de circulation (TA) et des avis de résolution (RA). Ces avis sont basés sur le temps et sont donnés dès qu'un appareil intrus pénètre dans la zone de précaution ou dans la zone d'avertissement. Les dimensions physiques de ces deux zones varient en fonction de la vitesse de rapprochement. Quand le système prévoit que l'appareil intrus pénétrera dans la zone de collision dans les 20 à 48 secondes (la zone de précaution), le TCAS/ACAS donne un TA au pilote. Les TA fournissent des renseignements sur le trafic à proximité et sont conçus pour aider l'équipage de conduite à rechercher visuellement le trafic conflictuel et à avertir les pilotes de la possibilité d'un RA.

Quand le système prévoit que l'appareil intrus va pénétrer dans la zone de collision dans les 15 à 35 secondes (la zone d'avertissement), le TCAS/ACAS émet un RA au pilote. Pour que le TCAS/ACAS puisse donner un RA au pilote, l'appareil intrus doit être muni d'un transpondeur et de l'équipement de transmission automatique d'altitude-pression (le mode C). Les RA sont divisés en deux catégories : les avis préventifs qui ordonnent au pilote de maintenir et d'éviter certaines vitesses verticales, et les avis correctifs qui commandent au pilote de s'écarter de la trajectoire de vol qu'il suit, c'est-à-dire de monter ou de descendre.

Dès l'annonce du TA, l'équipage de conduite du DHC-8 a tenté d'établir le contact visuel avec l'intrus, mais sans succès. À ce moment, les afficheurs de trafic indiquaient à l'équipage de conduite que l'appareil intrus était à la position une heure, à environ 2 nm et à 400 pieds au-dessus de lui. Le temps qui s'est écoulé entre le TA et le RA n'a pu être déterminé avec exactitude, mais il n'aurait été que de quelques secondes selon l'information recueillie. Ce n'est qu'au moment de l'annonce du TA que les pilotes ont observé sur leur afficheur de trafic respectif la présence de l'appareil intrus. Il n'a pu être déterminé si les afficheurs de trafic

indiquaient la présence du Cessna pendant les minutes précédant l'annonce du TA, ou s'il n'a tout simplement pas été observé par les membres de l'équipage de conduite du DHC-8.

Vu que le RA a amené le DHC-8 vers l'appareil intrus plutôt que de l'éloigner, il était nécessaire de s'assurer que le TCAS/ACAS fonctionnait correctement; il a donc fait l'objet de vérification et d'essais par la compagnie Rockwell Collins Inc., le fabricant du TCAS/ACAS. Il a été établi que le TCAS/ACAS ne répondait pas aux exigences des essais de suppression. Toutefois, selon Rockwell Collins Inc., cette anomalie n'affecte pas la détection et l'affichage d'appareils intrus. Aucun test n'a donc pu prouver que le TCAS/ACAS n'était pas en bon état de fonctionnement au moment de l'incident. Aussi, il n'a pas pu être déterminé si l'auto-test du TCAS/ACAS avait été effectué avant le départ ou lors des vols effectués précédemment cette journée-là. Toutefois, le test n'aurait pas détecté cette anomalie puisque l'interface de suppression n'est pas vérifiée lors de ce test.

La probabilité que le TCAS/ACAS ne puisse pas détecter les appareils à proximité varie en fonction du nombre d'appareils dans le secteur environnant. Plus il y a d'appareils dans le secteur, plus la probabilité de ne pas détecter un appareil est grande. Lors de l'événement, il y avait environ 6 autres appareils dans un rayon de 10 nm autour du DHC-8. Puisque l'information reçue par le TCAS/ACAS indiquait à l'équipage de conduite que l'appareil intrus se trouvait droit devant à une altitude supérieure, il est permis de croire que le RA annoncé par le TCAS/ACAS indiquant de descendre était fondé.

Renseignements sur le mode C du Cessna 172N

Le Cessna était muni d'un transpondeur mode C tel que requis pour le vol à l'intérieur de la zone de contrôle de Dorval. En plus de permettre au TCAS/ACAS d'émettre des RA (au besoin), le mode C permet également au contrôleur de lire sur son écran radar l'altitude de l'appareil. Les données radar ont permis de constater que, à plusieurs occasions pendant que le Cessna était à l'intérieur de la zone de contrôle de Dorval, l'affichage de l'altitude du Cessna transmis par le mode C indiquait des variations supérieures à 300 pieds par rapport à son altitude réelle.

Le mauvais fonctionnement du mode C du Cessna avait été signalé au personnel d'entretien de la compagnie Cargair Ltée à plusieurs reprises. Des vérifications avaient été effectuées mais il avait été impossible de reproduire l'anomalie. Le problème semblait intermittent. Trois jours avant l'incident, le mauvais fonctionnement du mode C avait de nouveau été signalé au personnel d'entretien. Pour des raisons inconnues, aucune vérification ou réparation n'a été effectuée sur le mode C suite à ce signalement.

Avant de prendre possession du Cessna à l'aéroport de Mascouche, le pilote n'a pas été informé du mauvais fonctionnement du mode C. Cette anomalie ne l'empêchait pas d'utiliser l'appareil à l'extérieur de l'espace aérien de classe C.

Renseignements sur les procédures ATC

La zone de contrôle de Dorval est désignée comme une zone de contrôle de classe C, un espace aérien contrôlé dans lequel les vols IFR et les vols VFR sont autorisés. Le contrôleur de la circulation aérienne assure l'espacement entre tous les vols IFR, et au besoin, entre les vols

VFR et IFR afin de résoudre les conflits. L'ATC signale au pilote toute cible observée au radar pouvant constituer un danger. Pour voler à l'intérieur d'un espace aérien de classe C, les vols VFR doivent obtenir une autorisation de l'ATC; l'aéronef doit être muni d'un équipement radio permettant la communication bilatérale avec l'ATC concerné, et l'aéronef doit être muni d'un transpondeur et de l'équipement de transmission automatique d'altitude-pression en bon état de fonctionnement.

Le *Manuel d'exploitation du Contrôle de la circulation aérienne* (MANOPS ATC) indique que lorsque l'affichage de l'altitude sur radar n'est pas valide, le contrôleur doit s'assurer que l'aéronef a reçu le bon calage altimétrique et il doit demander au pilote de faire une autre vérification d'altitude. Si le calage altimétrique est correct et que l'affichage reste non valide, le contrôleur doit ordonner au pilote de régler à nouveau son transpondeur et, si l'affichage reste non valide après le nouveau réglage du transpondeur, de couper son mode C. La note 1 de l'article 503.1 du MANOPS ATC stipule ce qui suit :

Un affichage d'altitude est valide si la valeur affichée ne diffère pas de plus de 200 pieds de l'altitude transmise par l'aéronef.

La procédure n'a donc pas été respectée puisque le contrôleur d'aéroport n'a pas demandé au pilote du Cessna de régler de nouveau son transpondeur et de couper son mode C quand il s'est rendu compte que l'altitude affichée pour le Cessna n'était pas valide.

En plus de démontrer que le mode C du Cessna transmettait des variations d'altitude supérieures à 300 pieds par rapport à son altitude réelle, les données radar démontrent qu'à partir du moment où le Cessna a quitté le circuit, il a maintenu un cap d'environ 300 degrés plutôt que le cap nord que la tour lui avait assigné. La Figure 1 permet de constater que le Cessna a croisé la trajectoire de vol du DHC-8 plus tôt que prévu, laissant moins de temps au DHC-8 pour atteindre une altitude supérieure à celle du Cessna, qui était censé maintenir 1 500 pieds asl.

Lorsqu'un contrôleur croit qu'il y a risque de conflit entre un appareil sous son contrôle et un appareil sous le contrôle d'un contrôleur d'un autre secteur, il se doit d'en informer le contrôleur du secteur concerné. Dans le cas du présent événement, le contrôleur d'aéroport avait lui-même assigné un cap à chacun des appareils pour s'assurer qu'il n'y aurait pas de conflit. Compte tenu du cap et de l'altitude assignés à chacun des appareils et du taux de montée du DHC-8, le contrôleur d'aéroport estimait qu'il n'y aurait pas de conflit entre les deux appareils. Pour cette raison, il n'a pas informé le pilote du Cessna de la présence du DHC-8 sur sa trajectoire de vol, et il n'était pas nécessaire de signaler la présence du Cessna au contrôleur des départs à qui il avait transféré le contrôle du DHC-8 un peu plus tôt.

Le contrôleur d'aéroport était secondé par un coordinateur radar. Une des responsabilités du coordinateur radar est d'identifier les conflits potentiels et de les signaler au contrôleur d'aéroport. Ceci n'empêche pas le contrôleur d'aéroport d'utiliser le radar pour régler les conflits. Il n'a pu être déterminé pourquoi le coordinateur radar et le contrôleur d'aéroport n'ont pas décelé le conflit entre les deux appareils. Dans les minutes précédant l'événement, le coordinateur était en communication avec la tour de Saint-Hubert pour assurer la coordination d'aéronefs qui se trouvaient dans la zone de contrôle de Saint-Hubert et qui voulaient pénétrer dans la zone de contrôle de Dorval afin d'intégrer le circuit Ville-Marie. Il

est possible que le coordinateur ait moins bien surveillé l'écran radar le temps qu'il a fait cette coordination.

Le contrôleur des départs a pris en charge le DHC-8 au moment où cet appareil quittait 1 300 pieds asl en montée et était établi sur le cap de 025 degrés. Le contrôleur des départs a effectué un balayage de son écran radar pour s'assurer qu'il n'y avait pas de trafic à proximité risquant d'entrer en conflit avec le DHC-8 et il l'a autorisé à poursuivre la montée jusqu'à 15 000 pieds asl. Le Cessna se trouvait alors dans l'axe de piste, à environ 6 nm du bout de la piste et se dirigeait vers le nord-ouest. Sachant que le Cessna était sous le contrôle de la tour et n'ayant reçu aucune confirmation concernant l'altitude et la trajectoire de cet appareil, le contrôleur des départs a estimé qu'il n'y avait pas de risque de conflit entre les deux appareils. Il a donc détourné son attention de la cible radar du DHC-8 et s'est occupé d'autres appareils sous son contrôle, et ce n'est que lorsque le pilote du DHC-8 l'a avisé qu'il descendait parce qu'il avait reçu un RA que le contrôleur des départs a vu que les deux cibles radar se chevauchaient.

En acceptant le Cessna à l'intérieur de l'espace aérien de classe C tout en sachant que l'altitude du Cessna affichée sur son radar était erronée, le contrôleur d'aéroport s'est placé dans une situation qui ne lui permettait pas de savoir l'altitude réelle du Cessna. Il ne pouvait que présumer que le Cessna maintiendrait l'altitude à laquelle il avait été autorisé. Or, il s'est avéré que le Cessna a pris de l'altitude tout en se rapprochant de la trajectoire du DHC-8 qui poursuivait sa montée telle que prévue. Le pilote du Cessna avait détourné son attention des repères visuels au sol et de ses instruments de bord pour programmer son système de positionnement mondial (GPS) pour la destination suivante (Mirabel). Le pilote du Cessna n'a pas décelé que son appareil prenait de l'altitude et qu'il n'était plus établi sur le cap assigné. Il n'a pu être déterminé pourquoi le contrôleur d'aéroport n'a pas remarqué que le Cessna ne maintenait pas le cap qu'on lui avait assigné.

Après l'incident, le DHC-8 a poursuivi son vol jusqu'à l'aéroport de Québec sans autre incident. Le contrôle du Cessna a été transféré au contrôleur d'aéroport de Mirabel qui a alors été informé de l'anomalie du mode C du Cessna. Malgré l'anomalie, le contrôleur d'aéroport de Mirabel a autorisé le Cessna à pénétrer dans la zone de contrôle de Mirabel qui est un espace aérien de classe C exigeant le bon fonctionnement du mode C. Le Cessna a quitté la zone de contrôle de Mirabel vers 23 h 8 en direction de Mascouche.

Analyse

Puisque le TCAS/ACAS utilise l'altitude transmise par le mode C des appareils intrus (qu'elle soit correcte ou non) pour émettre un RA, l'équipage du DHC-8 s'est retrouvé à suivre les directives d'un RA qui l'ont dirigé directement sur le Cessna. L'équipage de conduite du DHC-8 ne pouvait pas savoir que l'altitude transmise par le mode C du Cessna était erronée. La réaction de l'équipage du DHC-8 au RA était donc justifiée puisqu'il n'avait pu établir le contact visuel avec l'appareil. L'équipage du DHC-8 avait moins de chances d'établir le contact visuel avec le Cessna parce que le TA incitait à regarder vers le haut, alors qu'en réalité le Cessna se trouvait à une altitude inférieure au DHC-8.

L'anomalie observée sur le TCAS/ACAS n'empêchait pas le système de détecter les appareils intrus ni de donner des RA en cas de trajectoire de vol conflictuelle. Compte tenu de ce fait et

du petit nombre d'appareils à proximité du DHC-8, il est permis de croire que le TCAS/ACAS a détecté la présence du Cessna selon les spécifications de conception et a avisé l'équipage de conduite du DHC-8 à temps. La vigilance de l'équipage de conduite du DHC-8, la bonne visibilité extérieure ainsi que l'utilisation des phares d'atterrissage ont grandement contribué à l'évitement de la collision. Il est possible que les pilotes des deux appareils n'aient pas pu s'apercevoir plus tôt à cause de leur trajectoire respective qui offrait un gisement constant et rendait le contact visuel plus difficile.

La compagnie Cargair Ltée était au courant de la défektivité du mode C du Cessna; elle aurait dû signaler cette anomalie au pilote avant son départ et restreindre l'utilisation de l'appareil à l'extérieur de l'espace aérien de classe C.

Si le pilote du Cessna avait maintenu le cap et l'altitude auxquels il avait été autorisé, l'incident n'aurait pas eu lieu. En effet, les deux appareils se seraient croisés plus tard, ce qui aurait permis au DHC-8 de prendre davantage d'altitude, augmentant ainsi l'espacement vertical entre les deux appareils. Le GPS peut s'avérer un outil très utile à la navigation, surtout lors d'un vol de nuit. Toutefois, son utilisation ne devrait pas nuire au bon contrôle de l'appareil. Il est possible que le pilote du Cessna ait passé trop de temps la tête baissée à programmer son GPS, ce qui a détourné son attention des repères visuels extérieurs et des instruments de bord qu'il devait surveiller pour maintenir l'altitude et le cap assignés par le contrôleur de la tour.

La prestation d'un service radar efficace dépend des communications, de l'équipement disponible et de l'exactitude des informations affichées sur l'écran radar. Dans le cas de cet incident, l'équipement radar fonctionnait normalement. Toutefois, l'affichage de l'altitude du Cessna sur l'écran radar n'était pas valide dû au mauvais fonctionnement du mode C du Cessna, ce qui ne permettait pas au contrôleur de la tour de s'assurer que le Cessna maintenait l'altitude à laquelle il avait été autorisé. Cette situation ne lui permettait donc pas d'anticiper le conflit entre les deux appareils. Basé sur l'hypothèse que le pilote du Cessna maintenait l'altitude à laquelle il avait été autorisé, le contrôleur avait raison de croire qu'il n'y aurait pas de conflit entre les deux appareils. À partir du moment où le Cessna a quitté le circuit, le contrôleur d'aéroport et le coordinateur radar ont porté peu d'attention à l'écran radar puisqu'ils n'ont pas détecté que l'altitude et la trajectoire du Cessna ne correspondaient pas aux instructions qui avaient été transmises au pilote.

Il s'est écoulé environ 50 minutes entre la constatation du mauvais fonctionnement du mode C du Cessna et le moment où le Cessna a quitté l'espace aérien de classe C en direction de Mascouche. En aucun temps durant cette période a-t-on demandé au pilote du Cessna de couper son mode C. La transmission d'une altitude erronée par le mode C peut avoir un impact considérable sur les appareils à proximité équipés d'un TCAS/ACAS. Cette situation a déclenché l'annonce d'un RA qui était incorrect à cause de l'altitude erronée transmise par le mode C du Cessna. Cette altitude erronée aurait également pu être transmise à d'autres appareils à proximité équipés d'un TCAS/ACAS, risquant d'affecter leur TA et leur RA. Quand on a constaté que l'altitude affichée pour le Cessna n'était pas valide, on aurait dû demander au pilote du Cessna de couper son mode C, comme le stipule le MANOPS ATC. Si le mode C du Cessna avait été coupé, le TCAS/ACAS du DHC-8 n'aurait pas transmis de RA à l'équipage de conduite. Le DHC-8 aurait donc poursuivi sa montée, augmentant ainsi la distance verticale qui le séparait du Cessna.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le pilote du Cessna n'a pas maintenu le cap et l'altitude auxquels il avait été autorisé, résultat, les deux appareils se sont croisés plus tôt que prévu avec un espacement vertical réduit entre les deux appareils.
2. Le contrôleur d'aéroport, le coordinateur radar et le contrôleur des départs n'ont pas détecté le conflit. En conséquence, les deux appareils se sont croisés avec un espacement de 200 pieds sur le plan vertical.
3. Le mode C du Cessna a transmis une altitude erronée au TCAS/ACAS du DHC-8. L'équipage de conduite du DHC-8 a donc suivi les directives d'un RA qui l'ont rapproché du Cessna plutôt que de l'éloigner.

Faits établis quant aux risques

1. Le contrôleur d'aéroport n'a pas demandé au pilote du Cessna de régler son transpondeur et de couper son mode C quand il s'est rendu compte que l'altitude affichée pour le Cessna n'était pas valide, comme le stipule le MANOPS ATC, ce qui a permis au transpondeur du Cessna de transmettre de façon continue une altitude erronée.
2. La conception du TCAS/ACAS fait qu'on ne peut pas reconnaître si l'altitude transmise par le mode C des appareils intrus est exacte ou erronée. Le TCAS/ACAS peut donc émettre un RA contraire à l'objectif pour lequel il a été conçu.
3. Le Cessna est demeuré à l'intérieur de l'espace aérien de classe C pendant environ 50 minutes malgré le fait que les contrôleurs étaient au courant du mauvais fonctionnement du mode C de l'avion. L'altitude erronée transmise par le mode C du Cessna aurait pu être captée par les TCAS/ACAS des appareils à proximité et aurait pu donner lieu à de faux TA ou RA, risquant de diminuer l'espacement entre d'autres appareils.
4. La compagnie Cargair Ltée n'a pas signalé au pilote du Cessna qu'il y avait un problème intermittent avec le mode C de l'avion. Cette information aurait pu inciter le pilote à couper le mode C de son avion et à demeurer à l'extérieur de l'espace aérien de classe C. Ainsi, l'altitude erronée transmise par le mode C du Cessna n'aurait pas pu être captée par les TCAS/ACAS des appareils à proximité et n'aurait pas pu donner lieu à de faux TA ou RA, risquant de diminuer l'espacement entre d'autres appareils.

Autres faits établis

1. Les phares d'atterrissage du DHC-8 étaient allumés pendant l'incident; cette mesure s'est avérée un instrument de détection visuelle efficace.

Mesures de sécurité

Après cet incident, la compagnie Cargair Ltée a immédiatement remplacé le mode C du Cessna 172 en question.

Après l'incident, la compagnie Air Canada Régional Inc. a vérifié le TCAS/ACAS du DHC-8 et après avoir constaté l'anomalie qui ne pouvait pas être détectée grâce à l'auto-test, elle a envoyé le TCAS/ACAS au fabricant pour être réparé.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet incident. La publication de ce rapport a été autorisée par le Bureau le 18 septembre 2002.