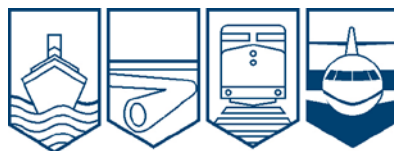




RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A11Q0028



RISQUE DE COLLISION

**ENTRE LE DHC-8-314 C-GUAI
ET LE DHC-8-102 C-FCJD
EXPLOITÉS PAR AIR INUIT LTÉE
À 117 NM AU SUD DE PUVIRNITUQ
(QUÉBEC)
LE 7 FÉVRIER 2011**

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 DHC-8-314 C-GUAI
et le DHC-8-102 C-FCJD
exploités par Air Inuit ltée
à 117 nm au sud de Puvirnitug
(Québec)
le 7 février 2011

Numéro du rapport A11Q0028

Synopsis

Le DHC-8-314 (portant l'immatriculation C-GUAI, numéro de série 423) exploité par Air Inuit ltée, sous l'indicatif de vol AIE880, effectue un vol selon les règles de vol aux instruments entre Puvirnitug et La Grande-Rivière (Québec) au niveau de vol 220. Un autre aéronef, aussi exploité par Air Inuit ltée, un DHC-8-102 (portant l'immatriculation C-FCJD, numéro de série 158), sous l'indicatif de vol AIE304, effectue la liaison inverse au niveau de vol 230, selon les règles de vol aux instruments. À environ 117 milles marins au sud de Puvirnitug, les 2 aéronefs reçoivent un avis de trafic, suivi d'un avis de résolution du système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions. Des manœuvres d'évitement sont effectuées et les aéronefs se croisent avec un espacement d'environ 1500 pieds sur le plan vertical et 0,8 mille marin sur le plan horizontal. Ils poursuivent vers leur destination respective où ils se posent sans problème. L'événement se produit à 14 h 36, heure normale de l'Est, à la clarté du jour. Personne n'est blessé.

This report is also available in English.

Table des matières

1.0	Renseignements de base	2
1.1	Déroulement du vol.....	2
1.2	Renseignements sur le personnel	3
1.3	Renseignements sur l'aéronef	4
1.3.1	Renseignements sur le pilote automatique	4
1.3.2	Renseignements sur l'avertisseur d'altitude.....	5
1.3.3	Renseignements sur le système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage.....	5
1.4	Renseignements météorologiques.....	7
1.5	Renseignements sur l'espace aérien.....	7
1.6	Télécommunications.....	7
1.7	Enregistreurs de bord.....	8
1.8	Renseignements sur la compagnie aérienne	9
1.8.1	Général	9
1.8.2	Renseignements sur les tâches de vol en croisière	10
1.8.3	Renseignements sur la formation	10
1.8.4	Système de gestion de la sécurité	12
1.8.5	Évaluation du risque	14
2.0	Analyse	15
2.1	Avertisseur d'altitude.....	16
2.2	Réaction à l'avis de résolution.....	16
2.3	Télécommunications.....	17
2.4	Système de gestion de la sécurité et évaluation du risque.....	18
2.5	Formation.....	18
2.6	Enregistreurs de bord.....	19
3.0	Conclusions	19
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	19
3.2	Faits établis quant aux risques	20
3.3	Autres faits établis	21
4.0	Mesure de sécurité prise	21
	Annexe A – Sommaire de la séquence des événements.....	22
	Annexe B - Trajectoire approximative des aéronefs	23
	Annexe C – Exemple d'affichage d'un RA.....	24
	Annexe D - Risques de sécurité (OACI Doc 9859 AN/474)	25

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroutement du vol

À 13 h 28, heure normale de l'Est¹, le DHC-8-102, exploité sous l'indicatif de vol AIE304, avec à son bord 3 membres d'équipage et 28 passagers, décolle de La Grande-Rivière, à destination de Puvirnituk (Québec). Le premier officier occupe la fonction de pilote aux commandes (PF) alors que le commandant de bord agit à titre de pilote qui n'est pas aux commandes (PNF).

L'autorisation de vol aux instruments reçue avant le départ autorise AIE304 à suivre une route directe vers Puvirnituk et de monter au niveau de vol (FL) 250². Cependant, lors de la montée, à la demande de l'équipage de conduite, l'aéronef est autorisé à maintenir le FL230, altitude atteinte à 13 h 49.

À 13 h 57, à la demande de l'équipage de conduite, l'AIE304 est autorisé à quitter la fréquence du Centre de contrôle régional de Montréal pour la fréquence en route³. L'aéronef disparaît de l'écran radar⁴ à 14 h 16, à environ 175 milles marins (nm) au nord des installations du radar de Chisasibi situé à 55 nm au nord-ouest de l'aéroport de La Grande Rivière. Dix minutes auparavant, soit à 14 h 06, un autre aéronef d'Air Inuit, soit un DHC-8-314, exploité sous l'indicatif de vol AIE880, avec à son bord les 3 membres d'équipage seulement, décolle de Puvirnituk à destination de La Grande-Rivière. L'AIE880 est aussi autorisé à suivre une route directe vers sa destination. Le vol est planifié au FL220, mais une fois en route l'équipage de conduite demande de monter au FL250. Cependant, en raison du AIE304 qui se dirige en sens opposé au FL230, l'AIE880 est autorisé à maintenir le FL220 jusqu'à ce qu'il ait passé l'AIE304.

Puisque l'aéronef oscille en tangage, lorsque le mode de maintien d'altitude du pilote automatique est utilisé, l'équipage de conduite de l'AIE304 opte d'enclencher le mode « vertical speed » VS⁵ sur le sélecteur de mode du système de guidage de vol afin de maintenir l'altitude de 23 000 pieds sélectionnée à l'avertisseur d'altitude. En cours de route, le PF doit quitter le poste de pilotage pour des besoins physiologiques. Les commandes sont transférées au commandant de bord qui devient le PF pendant l'absence du premier officier. À ce moment, l'aéronef est établi au FL230 en direction de Puvirnituk.

À 14 h 21 min 35 s, sans que le commandant de bord ne le remarque, l'AIE304 débute une lente descente (Annexe A). L'aéronef perd un peu plus de 700 pieds d'altitude sur une période d'environ 14 minutes⁶, ce qui correspond à un taux de descente moyen approximatif de 50 pieds par minute. Lorsque, la descente débute, les aéronefs sont séparés par une distance de

¹ Les heures sont exprimées en heure normale de l'Est (temps universel coordonné moins 5 heures).

² Altitude exprimée en centaine de pieds, indiqués sur un altimètre réglé à 29.92 pouces de mercure.

³ Puisque l'aéronef évoluait en IFR dans un espace aérien contrôlé, mais sans couverture radar, aucune fréquence en route précise n'est désignée. Cependant, la fréquence 122,75 MHz peut être utilisée pour les communications air-air entre les pilotes lorsque le vol est effectué à l'intérieur de l'espace aérien du Sud canadien, comme dans ce cas.

⁴ La portée maximale du radar est de 161 milles marins à cette altitude.

⁵ Ce mode est utilisé pour maintenir la vitesse ascensionnelle ou descendante voulue.

⁶ Entre 14 h 21 et 14 h 35

131 nm sur des trajectoires opposées (Annexe B). L'AIE304 est sur un cap de 7° magnétique (M) et l'AIE880 est sur un cap de 210 °M. Bien que le commandant de bord de l'AIE304 fasse sporadiquement un balayage visuel des instruments, son attention est en grande partie à l'extérieur, à contempler le paysage de la côte est de la Baie d'Hudson.

À son retour, le premier officier de l'AIE304 est debout dans l'entrée du poste de pilotage, lorsqu'il observe sur l'écran du variomètre, qui sert d'afficheur du système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAS), la présence d'une cible droite devant, légèrement à droite. Un avis de trafic (TA) suivi d'un avis de résolution (RA) exigeant de monter se fait entendre. Avant même que le premier officier puisse réintégrer son siège, le commandant de bord débraye le pilote automatique, effectue un virage à droite à une inclinaison atteignant 38°. Pendant le virage, l'aéronef perd un peu plus de 50 pieds d'altitude avant d'entreprendre la montée. Le virage initié à 14 h 35 min 37 s, soit 5 secondes après le débrayage du pilote automatique, est arrêté sur le cap 45 °M.

À 14 h 35 min 26 s, soit 2 secondes après avoir aussi reçu un TA, le premier officier de l'AIE880, qui agit comme PF, débraye le pilote automatique. Il s'en suit une légère inclinaison à droite avec une faible perte d'altitude. À 14 h 35 min 38 s, après avoir reçu un RA, il effectue un virage à faible inclinaison par la gauche, avant d'être avisé par le PNF de cesser le virage et amorce la descente tel que l'exige le RA. Le PF croyait que l'indication visuelle sur le variomètre lui recommandait de virer. À la suite des actions prises par les 2 PF, les aéronefs se croisent à 14 h 36 min 12 s avec un espacement d'environ 1500 pieds⁷ sur le plan vertical et de 0,8 nm sur le plan horizontal. L'AIE880 et l'AIE304 se rétablissent à leur altitude autorisée, à 14 h 37 et 14 h 37 min 46 s, respectivement. Ils poursuivent vers leur destination où ils se posent sans problème.

1.2 Renseignements sur le personnel

Les 2 équipages de conduite possédaient les certifications et les qualifications requises pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. La période de service des 2 équipages et leur période de repos étaient dans les limites prescrites. Rien n'indique que la fatigue ait pu jouer un rôle dans cet incident. L'expérience de vol des pilotes figure dans le tableau suivant :

Types d'aéronefs et titre du poste	Commandant AIE304	Copilote AIE304	Commandant AIE880	Copilote AIE880
	Heures de vol			
DHC-8-commandant	4500	0	300	12
DHC-8 copilote	0	700	0	350
Autres types	16 500	4100	8200	6638
Total	21 000	4800	8500	7000

⁷ L'AIE304 est au FL220, 8, et l'AIE880 est au FL210, 3.

1.3 Renseignements sur l'aéronef

1.3.1 Renseignements sur le pilote automatique

L'utilisation appropriée du pilote automatique réduit la charge de travail du pilote et augmente la sécurité. Les procédures d'exploitation normalisées (SOP) stipulent qu'avec le pilote automatique engagé, il est extrêmement important que quelqu'un surveille l'aéronef afin d'éviter une déviation de la trajectoire ou de l'altitude, par inadvertance.

Le sélecteur de mode du système de guidage de vol situé sur le panneau avant permet au pilote entre autres, de sélectionner plusieurs modes de guidage, dont le mode VS (Photo 1). Ce mode, lorsque mis en fonction, commande de maintenir la vitesse verticale actuelle de l'aéronef au moment de l'activation. La vitesse

verticale peut être changée par l'utilisation du volant de compensation en tangage « NOSE DN/NOSE UP » situé sur le sélecteur. La nouvelle vitesse verticale à maintenir apparaît sur l'afficheur d'avertissement et y demeure jusqu'à ce qu'un nouveau mode soit mis en fonction. Puisque le mode VS est principalement utilisé pour maintenir le taux de descente ou de montée souhaité, sa capacité à maintenir avec précision une altitude, telle que VS-0 ne fait pas l'objet d'évaluation aux fins de certification. Cependant, le fabricant du pilote automatique, indique que le mode VS devrait être en mesure de maintenir le taux souhaité d'environ 300 pieds lorsqu'il est utilisé pour descendre ou monter.



Photo 1. Sélecteur de mode du système de guidage de vol

Dans le cas de cet événement, l'aéronef du vol AIE304 oscillait en tangage lorsque le pilote automatique était embrayé dans le mode du maintien de l'altitude. Pour cette raison, l'équipage avait opté d'utiliser le mode VS afin d'arrêter l'oscillation en affichant « 0 » comme vitesse verticale. L'utilisation du mode VS, dans un tel cas, était normale et utilisée par d'autres pilotes de la compagnie aérienne. Rien ne l'interdisait. D'ailleurs, la liste d'équipement minimale (MEL) permet, avec certaines restrictions, d'effectuer le vol malgré la défektivité du pilote automatique. La MEL indique, entre autres, que n'importe quel mode qui fonctionne peut être utilisé. Selon le manuel de pilotage⁸, le problème des oscillations sur le plan vertical est un problème typique qui peut survenir lors de l'utilisation des différents modes⁹.

Des oscillations en tangage lorsque le pilote automatique était engagé avaient été observées dans le passé, non seulement par cet équipage et sur cet aéronef, mais sur d'autres DHC-8 de la compagnie aérienne. Rien n'indique que cette situation avait été signalée au personnel d'entretien de la compagnie aérienne de façon formelle, soit par une inscription au carnet de route de l'aéronef.

⁸ SPZ-8000 Integrated Flight Control System for the De Havilland Dash 8 Pilot's Manual

⁹ Mode ALT (maintien de l'altitude), mode VS (maintien d'une vitesse verticale), mode IAS (maintien de la vitesse indiquée) et le mode MACH (maintien de la vitesse MACH)

Dans le cas de cet événement, la ou les causes de l'oscillation en tangage n'ont pu être déterminées. Selon le fabricant du pilote automatique, 2 causes principales peuvent être à l'origine du problème : une mauvaise tension des câbles des contrôles de vol et un mauvais fonctionnement de la centrale aérodynamique.

1.3.2 Renseignements sur l'avertisseur d'altitude

Le contrôleur de l'avertisseur d'altitude localisé à gauche du panneau des instruments moteurs est composé d'un bouton de réglage et d'un afficheur numérique à 5 chiffres. Dès que l'aéronef dévie de plus de 250 pieds de l'altitude sélectionnée, le voyant d'alerte de l'altitude situé sur chacun des altimètres barométriques s'allume à titre d'alarme visuelle¹⁰ (Photo 2). Ce dernier ne clignote pas.

Dans ce cas-ci, le voyant aurait dû s'allumer au moment où l'AIE304 est descendu sous les 22 750 pieds d'altitude. Il aurait dû rester allumé jusqu'à ce que l'aéronef retourne à l'altitude sélectionnée. Rien n'indique que le PF, seul dans le poste de pilotage à ce moment-là, ait perçu l'illumination du voyant d'alerte. Suite à l'événement, aucune anomalie concernant le voyant d'alerte d'altitude n'a été rapportée par l'équipage de conduite en question, ni par les équipages de conduites subséquents. Tout laisse croire qu'il fonctionnait comme prévu.

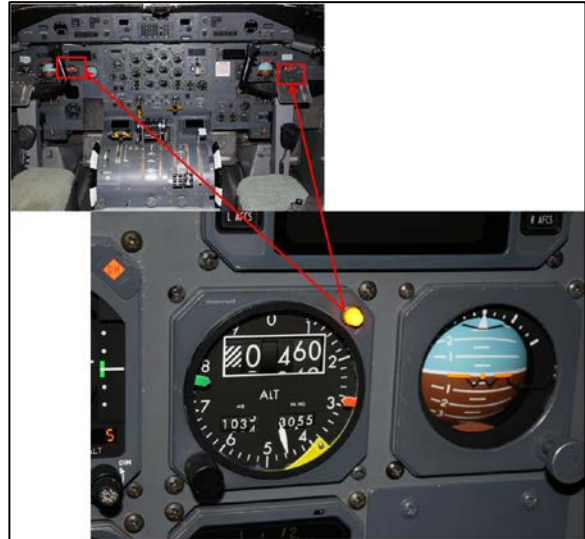


Photo 2. Lumière d'alerte d'altitude

1.3.3 Renseignements sur le système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage

Les 2 aéronefs étaient munis d'un TCAS II fabriqué par Collins¹¹. Le TCAS II fournit 2 types d'alerte de proximité de trafic : un avis de trafic (TA) signale à l'équipage qu'il y a un conflit possible et si le système détermine que la possibilité de conflit a augmenté au point où une action est requise pour corriger la situation en toute sécurité, le système donne un avis de résolution (RA) à l'équipage. Les avis consistent en des annonces sonores ainsi que la représentation de symbole à même l'indicateur de la vitesse verticale (VSI) qui sert d'afficheur (Annexe C).

Quoique l'afficheur permette de visualiser les aéronefs intrus sur un rayon de 6 nm et 12 nm, la zone de surveillance de conflit s'étend sur un rayon d'environ 40 nm¹². Toutes les annonces sonores consistent en des actions requises uniquement sur le plan vertical. Tel qu'il est conçu, le système ne donne aucune commande d'effectuer un virage.

¹⁰ Une alarme sonore est disponible comme option sur certains DHC-8 de la série 100. L'AIE304 n'était pas muni de cette option.

¹¹ L'AIE304 était muni du modèle TTR-920 alors que l'AIE880 était muni du modèle TTR-921. Cependant, les deux étaient munis d'un processeur, version 7.

¹² Le fabricant du système d'afficheur pourrait offrir une différente sélection.

La logique d'un fonctionnement efficace du TCAS nécessite un compromis entre la protection nécessaire et les avis inutiles, en contrôlant le niveau de sensibilité (SL)¹³. Le SL varie en fonction de l'altitude à laquelle évolue l'aéronef. Plus l'altitude est élevée, plus le SL est élevé, ce qui offre une plus grande protection. Puisque les aéronefs évoluaient à une altitude supérieure à 20 000 pieds, leur SL était de niveau 7. À ce niveau, un TA se fait entendre lorsque l'aéronef se trouve à 48 secondes du point d'approche le plus près (CPA). Un TA consiste en une indication visuelle sur l'indicateur VSI, de la position relative de l'aéronef intrus, ainsi que d'une annonce sonore « TRAFFIC TRAFFIC » qui offre à l'équipage de conduite la possibilité d'identifier visuellement l'intrus et de se préparer à effectuer une éventuelle manœuvre d'évitement.

Puisque le CPA est survenu vers 14 h 36 min 12 s, un TA aurait dû se faire entendre vers 14 h 35 min 24 s. Suite au TA, le commandant de bord de l'AIE880 a remarqué la traînée de condensation laissée derrière l'AIE304, indiquant que ce dernier était à sa droite et se dirigeait vers lui.

Un RA est activé lorsque l'aéronef se trouve à 35 secondes du CPA, dans le cas d'un SL de niveau 7. Il consiste en une annonce sonore commandant la manœuvre sur le plan vertical que le PF doit suivre pour éviter la collision, ainsi que d'une représentation visuelle sur le VSI (Annexe C). La représentation visuelle consiste en une bande verte recommandant une plage de vitesse verticale cible, laquelle procurera une séparation verticale suffisante, si suivie. Une bande rouge apparaît également indiquant la plage de vitesse verticale à éviter.

On retrouve, également sur l'indicateur, les symboles représentant la position relative des aéronefs intrus sur le plan horizontal accompagné de 3 autres symboles adjacents, soient : une valeur numérique indiquant l'écart d'altitude avec l'intrus ou les intrus, accompagnée du symbole +/- afin d'indiquer l'altitude relative, ainsi qu'une flèche adjacente indiquant si l'intrus est en montée ou en descente.

Selon le manuel de vol de l'aéronef, les avis TCAS sont basés sur la précision du pilote à effectuer la manœuvre RA dans un délai de 5 secondes, et de 2 secondes si un RA correctif additionnel est émis. Le manuel indique également que lorsqu'un RA prédit une trajectoire de croisement, tous les efforts devraient être effectués afin d'établir le contact visuel avec l'intrus afin de s'assurer d'une séparation suffisante. Dans le cas de cet événement, il n'a pas été possible de déterminer l'exactitude des avis TCAS générés, puisque ni l'équipement TCAS ni le DFDR n'ont enregistré ces données.

L'enquête a démontré que l'AIE304 a reçu l'avis de monter alors que l'AIE880 a reçu l'avis de descendre. Dans le cas concerné, un RA aurait donc dû survenir vers 14 h 35 min 37 s. Tout indique que les 2 TCAS ont fonctionné correctement au cours de l'événement.

1.4 Renseignements météorologiques

Au moment de l'événement, les 2 aéronefs effectuaient des vols à vue sous un ciel entièrement dégagé. Il n'y avait pas de turbulence prévue à l'altitude à laquelle évoluaient les aéronefs et aucune turbulence n'a été rapportée. Les conditions météorologiques n'ont pas joué un rôle dans cet événement.

1.5 Renseignements sur l'espace aérien

Les vols AIE304 et AIE880 évoluaient dans l'espace aérien de classe A¹⁴. Bien que cet espace aérien soit contrôlé, la couverture radar est limitée en fonction de la distance et de l'altitude des aéronefs. Dans le cas de cet événement, les 2 aéronefs se trouvaient hors de la portée du radar. Cependant, NAV CANADA y assure le contrôle aérien et l'espacement des aéronefs par méthode procédurale; c'est-à-dire, sans identification par radar et, dans ce cas, sans communication directe.

À l'aide du système canadien automatisé de la circulation aérienne (CAATS), le contrôleur peut obtenir des projections de positions d'aéronefs. Les aéronefs sont représentés graphiquement sur un écran, ce qui donne la possibilité au contrôleur de maintenir une meilleure connaissance de la situation. Lors d'un compte rendu de positions, une mise à jour est effectuée par le contrôleur, ce qui permet d'actualiser les projections. Le CAATS n'offre pas au contrôleur de l'information en temps réel.

À la demande de l'équipage de conduite, le contrôleur a autorisé l'AIE304 à quitter la fréquence radio et de changer à la fréquence en route. Cependant, dans le cas de la région survolée par les 2 aéronefs, aucune fréquence précise n'est assignée. Quoique la fréquence 126,7 MHz soit normalement utilisée pour les vols IFR en espace aérien non contrôlé ou pour les vols VFR en espace aérien contrôlé, rien n'oblige l'équipage de conduite à faire l'écoute de la fréquence 126,7 MHz. De plus, la fréquence 122,75 MHz peut être utilisée pour les communications air-air entre les pilotes lorsque le vol est effectué à l'intérieur de l'espace aérien du Sud canadien, comme dans ce cas. Les pilotes ne sont pas tenus d'effectuer des comptes rendus de positions sauf sur demande par le contrôleur.

Lorsqu'ils sont requis, les rapports de positions sont transmis par le pilote, par le biais d'une installation radio télécommandée (RCO) ou d'une installation radio télécommandée à composition (DRCO), qui se trouve le plus près de sa position. Le spécialiste de l'information de vol qui reçoit le message le relayera au contrôleur situé au Centre de contrôle régional (ACC) de Montréal. Exceptionnellement, le contrôleur a la possibilité d'utiliser une fréquence qui lui permet de communiquer directement avec les aéronefs évoluant dans la région. Cette fréquence est toutefois assignée à un autre secteur de contrôle.

1.6 Télécommunications

L'AIE304, tout comme l'AIE880, était muni de 2 radios à très haute fréquence (VHF) en mesure de transmettre et de recevoir. Selon les SOP de la compagnie aérienne, on utilise généralement

¹⁴ Espace aérien entre 18 000 pieds au-dessus du niveau de la mer jusqu'au FL600 inclusivement, dans lequel tous les vols doivent être effectués selon les règles de vol aux instruments et tous les aéronefs doivent être munis d'un transpondeur et de l'équipement de transmission automatique d'altitude-pression.

le VHF 1 pour la fréquence en route alors que le VHF 2 est utilisé pour la fréquence de compagnie aérienne. Dans l'incident en cause, l'AIE304 a été autorisé en fréquence de route, à 13 h 57. Tel qu'il a été précité, aucune fréquence précise n'était assignée. On a déterminé que l'AIE304 avait sélectionné la VHF 1 à la fréquence 123,27 MHz, la DRCO de Purvinituk (CYPX) et la VHF 2 à la fréquence 121,5 MHz, comme fréquence d'urgence. À partir de ce moment, jusqu'au croisement des aéronefs, soit à 14 h 36, rien n'indique que l'équipage de conduite de l'AIE304 ait transmis ou tenté de transmettre sa position ou ses intentions sur le VHF 1 ou 2. Rien ne l'exigeait.

Afin d'acquiescer à la demande de l'AIE880 qui souhaitait monter au FL240, le spécialiste de l'information de vol (SIV) du Centre d'information de vol (FIC) de Québec a tenté à 4 reprises¹⁵ de rejoindre l'AIE304 sur la fréquence 126,7 MHz, afin de connaître sa position exacte, mais sans succès. En général, la fréquence 126,7 MHz est utilisée comme fréquence en route. Il est probable que le SIV s'attendait à ce que l'équipage de conduite soit à l'écoute sur cette fréquence. Cette transmission était émise à la fois sur la DRCO d'Inukjuak (CYPH) et la DRCO de Puvirnituk (CYPX), entre autres. Puisque la radio VHF n'était pas à la fréquence 126,7 MHz, l'AIE304 n'aurait pas pu entendre ces transmissions.

Après le croisement, l'AIE880 remonte au FL220 et avise le FIC qu'il vient de croiser l'AIE304 et réitère sa demande de monter au FL240. Afin d'acquiescer à la demande, le FIC tente de rejoindre à nouveau l'AIE304, mais sans succès. Ce n'est qu'à 14 h 45, soit 9 minutes après le croisement, que l'AIE304 communique avec le FIC sur la fréquence 126,7 MHz. Aucun des équipages ne fait mention au FIC de la déviation d'altitude qu'ils ont dû effectuer afin de répondre au RA.

Le manuel d'information aéronautique (AIM)¹⁶ et le manuel d'exploitation de la compagnie aérienne indiquent que les pilotes doivent informer l'ATC appropriée aussitôt que possible après une déviation d'altitude résultant d'un RA. Leur rapport doit inclure la direction de leur vol, l'heure à laquelle ils sont retournés sur leur trajectoire et à leur altitude. L'événement a cependant été signalé plus tard au cours de la journée à la compagnie aérienne et à NAV CANADA.

1.7 Enregistreurs de bord

Les enregistreurs des données de vol (FDR) des 2 aéronefs ont été acheminés au laboratoire du BST afin de recueillir les données. Quoique les paramètres des données de vol enregistrés soient limités, ces derniers ont permis de déterminer la proximité à laquelle les aéronefs se sont retrouvés l'un de l'autre¹⁷.

Chacun des aéronefs était équipé d'un enregistreur de conversation dans le poste de pilotage (CVR) capable d'enregistrer et de sauvegarder les 30 dernières minutes de bruits entendus dans le poste de pilotage. Les 2 CVR ont été envoyés au laboratoire du BST. Cependant, puisque chacun des vols s'est poursuivi au-delà de 30 minutes, après l'incident, les enregistrements audio ont été superposés.

¹⁵ Entre 14 h 30 et 14 h 32

¹⁶ Manuel d'information aéronautique TP1437

¹⁷ L'erreur entre les 2 trajectoires de vol déterminées à l'aide des FDRs et des données radars peut atteindre 1 nm.

Les 2 CVR répondaient aux exigences de la réglementation en vigueur. La plupart des nouveaux CVR avec mémoire à semi-conducteurs offrent une capacité d'enregistrement de 2 heures. Les conversations et les RA entendus par les pilotes dans le poste de pilotage lors du risque de collision auraient été très utiles à l'enquête.

Le 9 mars 1999, le BST a recommandé¹⁸ à Transports Canada (TC) et à la European Joint Aviation Authorities (JAA) que : « dès le 1^{er} janvier 2005, tous les aéronefs qui doivent être équipés d'un FDR et d'un CVR soient tenus d'être équipés d'un CVR d'une capacité d'enregistrement d'au moins 2 heures ». Transports Canada a appuyé cette recommandation, pourvu que soit maintenue l'harmonisation entre les exigences de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis et celles des autorités canadiennes. Depuis sa première réponse en date du 7 juin 1999, TC a fait part de son intention de présenter un avis de proposition de modification (APM) au règlement pour régler la lacune décrite dans la recommandation A99-02.

Depuis avril 2008, la FAA exige que les aéronefs fabriqués avant le 7 avril 2010 soient équipés d'un CVR ayant une capacité d'enregistrement d'au moins 2 heures. La modernisation des aéronefs doit être complétée avant le 7 avril 2012. Presque 12 ans après sa première réponse, suite à la recommandation A99-02, une ébauche d'un APM (2011-010) a été élaborée par TC et soumise à une réunion du comité technique du CCRAC¹⁹ en septembre 2011.

Le comité technique a accepté l'APM tel qu'il a été présenté sous réserve qu'il soit soumis à une évaluation des risques. TC souligne que l'élément qui constituent l'APM pourront être modifiés à la suite des consultations et en fonction des résultats de l'évaluation des risques, de l'analyse coûts/avantages et d'autres instruments qui pourront être utilisés pour confirmer l'approche réglementaire.

1.8 Renseignements sur la compagnie aérienne

1.8.1 Général

Air Inuit est titulaire d'un certificat d'exploitation valide. Au moment de l'événement, la compagnie aérienne exploitait une flotte de 28 aéronefs : 1 Boeing 737, 1 Turbo Otter, 1 DHC-2, et 2 hélicoptères, 3 Beechcraft 100, 3 HS-748, 7 DHC-6 et 10 DHC-8. Seuls le Boeing 737 et les DHC-8 de la compagnie aérienne sont munis d'un TCAS. L'exploitation de ces DHC-8 a débuté en 1995 et ces derniers étaient à ce moment déjà munis d'un TCAS. Selon le type d'aéronef utilisé, l'exploitation est effectuée conformément aux sous-parties 2, 3, 4 et 5 de la Partie VII du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Dans cet événement, les 2 aéronefs étaient utilisés conformément à la sous-partie 5²⁰.

Le vol AIE304 est un vol à horaire fixe normalement effectué avec un Boeing 737. Pour des raisons opérationnelles, le jour de l'événement, ce vol était effectué avec un DHC-8. Le commandant de l'AIE304 était cependant familier avec le trajet, l'ayant effectué à quelques reprises. Cependant, l'AIE304 ne savait pas qu'il croiserait l'AIE880 qui est un vol cargo effectué sur demande.

¹⁸ Recommandation A99-02

¹⁹ Conseil consultatif sur la réglementation aérienne canadienne

²⁰ Exploitation d'une entreprise de transport aérien

1.8.2 Renseignements sur les tâches de vol en croisière

Les SOP indiquent les différentes tâches que les équipages de conduite doivent effectuer lorsque l'aéronef est en croisière. La plupart de ces tâches sont effectuées dès que l'aéronef atteint l'altitude de croisière, notamment :

- la puissance de croisière devrait être réglée et maintenue selon les tableaux de puissance maximale de croisière;
- les 2 pilotes doivent vérifier les instruments moteurs, les voyants lumineux, la pressurisation, les allumeurs et l'équipement de dégivrage pour s'assurer du fonctionnement des systèmes et qu'une surveillance extérieure doit également être effectuée;
- les paramètres des moteurs devraient être notés lors du premier vol de chaque journée, si les conditions de vol et de la charge de travail le permettent;
- la conscience de la situation devrait être maintenue à tout moment.

Avant d'amorcer la descente :

- le PNF devrait obtenir la dernière observation météorologique de la destination, régler l'altimètre de secours et la pressurisation et aussi afficher les données de décollage et l'atterrissage et préparer la carte d'approche prévue;
- l'exposé d'approche peut être donné avant le début de la descente.

Quant à la discipline à observer dans le poste de pilotage, celle-ci est indiquée au manuel d'exploitation de la compagnie aérienne. Il y est indiqué, entre autres, qu'il est permis qu'un pilote s'absente du poste de pilotage pour des besoins physiologiques ou pour toute préoccupation dominante liée à la sécurité du vol.

1.8.3 Renseignements sur la formation

L'AIM²¹ stipule qu'afin de satisfaire aux exigences réglementaires, les exploitants canadiens doivent couvrir les questions concernant la formation, l'inspection et le maintien des qualifications TCAS des équipages de conduite par :

- la formation théorique initiale;
- la formation initiale en vol (sauf pour les programmes qui n'en nécessitent pas, comme le permet la circulaire consultative AC 120-55A, version modifiée, de la FAA);
- la formation initiale;
- la formation périodique;
- le maintien des qualifications.

Selon l'AIM, TC exige les mêmes normes que celles dont fait état la circulaire consultative, AC120-55A, version modifiée, de la FAA. Cette circulaire couvre plusieurs éléments portant sur les qualifications des équipages de conduite quant à l'utilisation du TCAS. La circulaire stipule qu'en plus d'une formation académique sur le TCAS, une formation adéquate sur les manœuvres est requise afin de s'assurer que les procédures et les réponses aux avis TCAS soient appropriées.

21

AIM RAC 12.16.4. Homologation de mise en service

Selon un document de la FAA publié en novembre 2000²², l'expérience a démontré qu'il est essentiel que les équipages de conduite appelés à utiliser les aéronefs munis d'un TCAS complètent une formation théorique et pratique. Les pilotes doivent comprendre le fonctionnement d'un TCAS. Ceci inclus : les seuils d'alerte, la réponse attendue à un TA et un RA, l'usage approprié de l'information affichée sur le TCAS, la phraséologie et les limitations du système.

L'enquête a révélé que la formation liée à l'équipement TCAS n'est pas fournie lors de la formation initiale au sol de 59 heures ou lors de la formation périodique au sol de 16 heures. Selon le programme de formation de la compagnie aérienne, la formation au sol qui est associée au fonctionnement et l'utilisation du TCAS a lieu lors de la séance d'orientation de la compagnie aérienne, soit lors de l'embauche du pilote. Le commandant de bord de l'AIE304 était employé par la compagnie aérienne depuis 1990. Cependant, à l'époque, aucun des aéronefs de la compagnie aérienne n'était muni d'un TCAS. Toutefois, dans le cadre de la formation périodique au sol de l'année 2010, un CD est remis aux pilotes, ce CD contient un programme d'autoformation. Ce programme contient entre autres, une présentation PowerPoint qui couvre les points suivants :

- les principes de base du fonctionnement du TCAS;
- la description des symboles apparaissant sur l'afficheur TCAS;
- les types d'avis TCAS;
- les tâches du PF et du PNF en cas d'avis TCAS;

Selon les dossiers de formation des équipages de conduite en cause dans cet événement, rien n'indique que cette autoformation a été effectuée par le commandant de bord de l'AIE304 et le copilote de l'AIE880, soit les 2 PFs lors de l'événement. Quant aux 2 autres pilotes, l'autoformation aurait été complétée en février 2010.

Selon le programme d'autoformation, les tâches suivantes doivent être exécutées lors d'avis TCAS :

Tableau 2. Tâches à accomplir au cours d'un avis TCAS

Type d'avis TCAS	Tâches du PF	Tâches du PNF
Avis de trafic (TA)	À l'aide des informations sur l'afficheur TCAS, commencer une recherche visuelle de l'intrus. Si, et seulement si, l'intrus est visible, manœuvrer l'aéronef dans le but de maintenir une séparation.	À l'aide des informations sur l'afficheur TCAS, annoncer le gisement à l'aide de la position de référence de l'horloge, la distance et l'altitude relative de l'intrus pour le pilote aux commandes. Aider le PF dans la recherche visuelle de l'intrus.

Avis de résolution (RA)	Utiliser tous les moyens disponibles, et quitter l'espace dans lequel vous alliez manœuvrer. Si nécessaire, ajuster rapidement et en douceur le taux de la vitesse verticale de votre aéronef afin de maintenir l'aiguille de l'indicateur de vitesse verticale (VSI) juste à l'extérieur de la zone rouge sur le VSI. Cela ne doit pas nécessiter plus d'une manœuvre équivalente à ¼ g. Une déviation de l'autorisation assignée, par exemple monter ou descendre si vous êtes en vol en palier, ou se stabiliser si vous êtes montée ou en descente, est autorisée afin de se conformer à un RA.	À l'aide des informations du VSI, confirmez que l'action actuelle du PF est conforme aux indications du RA.
Après s'être croisés	Ramenez l'aéronef promptement et en douceur à l'autorisation précédemment assignée.	À la discrétion du commandant de bord, informer l'ATC qu'une situation s'est produite qui a provoqué un RA.

L'AFM fournit également les procédures et les limitations du système TCAS, en plus d'une description complète de tous les modes habituels d'exploitation, y compris les procédures prévues de l'équipage de conduite.

La réponse à un RA exige des réactions promptes et appropriées de la part des pilotes. C'est pourquoi le document de la FAA indique qu'il est important de tenir compte des RA lors d'exercice de routine en simulateur. Ainsi, les pilotes peuvent expérimenter les circonstances d'un RA dans un environnement réaliste. Les équipages de conduite de la compagnie aérienne effectuent leur formation du DHC-8 sur un simulateur de vol capable de simuler des avis TCAS. Cependant, rien n'indique dans les dossiers de formation des équipages en cause que des scénarios RA ont été pratiqués en simulateur lors de leur formation initiale ni lors de leur formation périodique.

1.8.4 *Système de gestion de la sécurité*

La compagnie aérienne dispose d'un système de la gestion de la sécurité (SGS) approuvé par TC depuis janvier 2009. Certains éléments d'un programme SGS, dont le signalement d'événement, étaient en place avant même l'approbation du programme par TC. Le SGS d'Air Inuit traite de tous les éléments mentionnés dans le document consultatif relatif au SGS de TC, qui sont les suivants : signalement d'événements ou de dangers, officiellement ou confidentiellement, gestion des risques, processus d'enquête interne, plans de mesures correctives, suivi des tendances en matière de dangers pour la sécurité, analyse des performances, formation sur la sécurité destinée aux employés et processus de communication concernant la sécurité.

De 2007 à 2010 inclusivement, plusieurs événements²³ ont été signalés par le personnel de la compagnie aérienne dans le cadre du SGS. De ces événements, 9 sont liés à un risque de collision ou perte d'espacement dont 3²⁴ ont engendré des manœuvres d'évitement suite à un avis TCAS. Au cours de ces 3 événements, les pilotes aux commandes ont exécuté un virage à droite dont 2 de ces événements sont survenus dans l'espace aérien non contrôlé. Bien que l'événement en question soit survenu dans l'espace aérien contrôlé, il est survenu dans un environnement sans surveillance radar.

Parmi les points soulevés suite aux enquêtes internes de la compagnie aérienne, les communications semblent avoir été un des facteurs prédominants, dont :

- des communications incomplètes;
- une mauvaise écoute sur la fréquence appropriée;
- une absence de rapport de position;
- des rapports de position imprécis;
- une congestion de la fréquence utilisée.

Suite aux enquêtes internes des 2 premiers événements, la compagnie aérienne a émis 2 bulletins intérimaires d'exploitation à l'intention de ses pilotes. Le premier bulletin²⁵ contenait les recommandations suivantes :

- toujours être à l'écoute sur la fréquence appropriée;
- faire les rapports de position clairs et précis dans les 2 langues officielles, au besoin [...];
- avoir son transpondeur en fonction en tout temps;
- vérifier, avec un autre aéronef de la compagnie aérienne, le bon fonctionnement du mode C via leur TCAS, pour les aéronefs qui évoluent surtout dans le Nord, et mentionner toute déféctuosité au département de l'entretien;
- pour ceux qui en sont équipés, garder le TCAS à 12 nm pour apercevoir le trafic.

Le deuxième bulletin²⁶ contenait les recommandations mentionnées ci-dessus, en plus des recommandations suivantes :

- dans l'espace aérien non contrôlé avec le système mondial de positionnement (GPS) ou le système de gestion de vol (FMS), peut-être effectuer « DIRECT » une fois dans les airs plutôt qu'à partir du sol, ce qui résulte en des routes moins convergentes et ensuite naviguer à ½ mile à droite de la route;
- adopter une règle d'espacement « maison » (qui sera bientôt inclus dans les SOP); il faut toujours garder un espacement de 1000 pieds vertical et de 20 nm sur le plan longitudinal lors des montées et des descentes;
- retarder tous les appels à la compagnie aérienne à 25 nm et plus de l'aéroport de départ;

²³ 150 événements en 2007, 211 en 2008, 219 en 2009 et 291 en 2010

²⁴ Le 19 juin 2008

Le 20 octobre 2009

Le 7 février 2011 soit l'événement en question

²⁵ Le 15 juillet 2008

²⁶ Le 26 novembre 2009

- libérer la fréquence 126,7 Mhz. Pour les demandes météo et les plans de vol, utiliser plutôt la fréquence appropriée RCO ou DRCO.

1.8.5 Évaluation du risque

L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) définit le risque « comme l'évaluation, exprimée en termes de prédiction de probabilité et de gravité, des conséquences d'un danger, en prenant comme référence la pire situation prévisible »²⁷. Puisqu'une collision en vol engendre des dommages importants et généralement des pertes de vie, la gravité de l'occurrence est catastrophique selon la définition de l'OACI (Annexe C).

Au cours des 10 dernières années²⁸, 2168 événements liés à un avertissement TCAS²⁹ ont été signalés au Canada. De ce nombre d'événements, le système de comptes rendus quotidiens des événements de l'aviation civile (SCREAO) relève 1864 pertes d'espacement. Toutefois, les pertes d'espacement n'engendrent pas toutes un risque de collision, car dans certains cas les aéronefs ne sont pas sur des trajectoires convergentes. Selon la banque de données du BST, 67 quasi-collisions seraient survenues au pays au cours de la même période. Par conséquent, on peut conclure selon la définition de l'OACI que la probabilité d'une collision est soit occasionnelle³⁰ ou éloignée³¹.

Considérant la probabilité *éloignée* et la gravité de *catastrophique*, la matrice de tolérance du risque de l'OACI qui démontre que le risque de collision est inacceptable (Annexe D). Par conséquent, selon la matrice de l'OACI, il faut mettre en place des stratégies pour la maîtrise ou l'atténuation des risques afin de réduire le risque à un niveau aussi bas que raisonnablement possible.

Dans le cadre de son SGS, Air Inuit utilise un formulaire d'évaluation de risque. Il détermine la probabilité et la gravité du danger afin d'évaluer le degré du risque. Suite à son analyse du risque de l'événement du 20 octobre 2009, l'index de probabilité indique que le degré de risque lié à un risque de collision est indésirable et qu'une atténuation du risque est nécessaire. L'analyse de risque du 12 novembre 2009 indique que les mesures de sécurité suivantes ont été prises :

- l'émission d'un bulletin intérimaire d'exploitation à tous ses pilotes;
- simulation de conflit de trafic lors des vols d'entraînement;
- conscientisation des équipages des dangers liés au conflit de trafic;
- attention spéciale dédiée au TCAS lors de la formation théorique.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP016/2011- *FDR Analysis & Animation Analysis* (Examen du FDR et Animation)

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

²⁷ OACI, Manuel de gestion de la sécurité (MGS), Doc 9859, AN/474, paragraphe 5.2.8

²⁸ Du 1^{er} janvier 2001 au 31 décembre 2010

²⁹ Les avertissements signalés concernent des RA et des TA.

³⁰ Susceptible de se produire parfois, s'est produite peu fréquemment

³¹ Peu susceptible de se produire, mais s'est produite rarement

2.0 Analyse

Rien n'indique que la fatigue, les conditions météorologiques ni l'état de navigabilité des aéronefs aient pu jouer un rôle dans cet événement. L'analyse portera sur 3 points : l'utilisation du pilote automatique, les facteurs qui ont amené un membre d'équipage de conduite certifié et qualifié à ne pas se rendre compte que l'aéronef a perdu de l'altitude pendant 14 minutes, et aussi, la réaction des équipages de conduite suite aux avis TCAS.

Le pilote aux commandes de l'AIE304 n'a pas observé, sur une période de 14 minutes, que l'aéronef perdait de l'altitude, et ce, jusqu'à ce que l'avis de trafic (TA) se fasse entendre. L'aéronef était établi en croisière depuis 32 minutes lorsque la descente a débuté. À l'exception des tâches à effectuer avant la descente pour la destination, il est donc permis de croire que la plupart des tâches liées au vol en croisière avait été complétée. Il demeure que le PF devait être conscient de la situation à tout moment, et ce, même si le pilote automatique était engagé.

Lorsque le copilote a quitté le poste de pilotage pour des besoins physiologiques, le commandant s'est retrouvé seul aux commandes. Par conséquent, la surveillance des instruments de bord se devait d'être accrue, puisque toutes anomalies ou perte d'altitude non observées par le commandant ne pouvaient être détectées et signalées par le copilote. Puisqu'il n'y avait pas de turbulence, le pilote s'attendait probablement à ce que l'autopilote maintienne correctement l'altitude en mode VS et a déduit à tort, l'attention qu'il aurait dû porter aux instruments, plus spécifiquement l'altimètre et le variomètre. De plus, il avait toute raison de croire que s'il déviait de son altitude, il en serait informé par le voyant d'alerte d'altitude.

Plusieurs facteurs ont pu contribuer à un certain relâchement du PF de l'AIE304, l'amenant à admirer le paysage côtier de la baie d'Hudson :

- des conditions de vol visuel prévalaient et la visibilité permettait d'avoir une bonne vue d'ensemble de la côte est de la Baie d'Hudson;
- la routine de voler dans cette région depuis plus de 20 ans;
- le faible niveau de trafic et de communication radio dans le secteur à ce moment-là;
- la faible charge de travail dans le poste de pilotage;
- le croisement d'un autre aéronef en sens opposé n'était pas prévu.

Par conséquent, la fréquence du balayage visuel des instruments de bord a été réduite au point qu'il n'a pas constaté que l'aéronef descendait. Puisque le taux de descente était très faible, la vitesse et l'assiette de l'aéronef étaient très similaires à celle du vol en croisière. Il était donc impossible de constater la descente sans l'aide des instruments de bord.

Quoique le mode VS soit la cause de cet événement, rien n'empêchait l'équipage de l'AIE304 d'utiliser le mode VS pour maintenir son altitude. Face au problème des oscillations en tangage lorsque le pilote automatique est engagé, l'équipage de l'AIE304 avait utilisé le mode VS pour maintenir l'altitude. Puisque l'aéronef oscillait en tangage lorsque le mode de maintien de l'altitude était enclenché et que cela pouvait être inconfortable pour les passagers et l'équipage, le mode VS s'avérait une solution de rechange pour maintenir l'altitude, considérant que ceci avait déjà été effectué lors de vols précédents sans causer de problème. Puisque le mode VS, étant activé, maintient la vitesse verticale actuelle de l'aéronef, il est possible que l'aéronef avait un faible têt de descente peu perceptible sur le VSI au moment de sa mise en fonction. Bien que la position « 0 » ait pu être sélectionnée, il est possible que le niveau de précision du pilote automatique dans ce mode ait pu contribuer à la faible vitesse de descente.

2.1 *Avertisseur d'altitude*

Bien que l'aéronef soit muni d'un voyant d'alerte d'altitude, celui-ci attire moins l'attention, car il ne clignote pas. De plus, le contraste du voyant éteint et allumé dans des conditions de jour est réduit. Quoiqu'il soit possible que l'effet de la clarté d'une journée ensoleillée ait pu réduire l'éclat de la lumière, une attention particulière aux altimètres aurait dû permettre de déceler la perte d'altitude et l'illumination du voyant lumineux. Lorsque l'aéronef a dévié de plus de 250 pieds de l'altitude affichée, le commandant n'a pas remarqué le voyant allumé pendant environ 9 minutes. L'installation d'une alarme sonore, telle que l'on retrouve sur d'autres DHC-8 de la compagnie aérienne, aurait procuré une défense supplémentaire à la perte d'altitude imprévue.

Lorsqu'un système d'alarme ne se trouve que sur certains aéronefs parmi une flotte, ceci peut créer un risque pour les équipages qui effectuent régulièrement le trajet avec différents modèles d'aéronefs, particulièrement lorsque ces aéronefs-là sont très similaires. Ainsi, les équipages doivent mémoriser les différentes configurations de chaque aéronef, anticiper l'absence d'un avertissement ou d'une alerte, ce qui signifie qu'ils ont à performer à un niveau encore plus élevé. Il est possible que le capitaine s'attendait à entendre un avertissement sonore si l'aéronef déviait de l'altitude pour une raison quelconque.

2.2 *Réaction à l'avis de résolution*

Puisqu'il s'agissait d'un SL de niveau 7, les équipages de conduites des 2 aéronefs ne disposaient que de 13 secondes entre le TA et le RA afin d'acquiescer visuellement l'aéronef intrus. À ce moment, une distance de 7,4 nm séparait les aéronefs qui se trouvaient, respectivement, à leur droite sur une trajectoire convergente. Le ciel était clair et aucune restriction visuelle n'empêchait les 2 équipages de se voir. Toutefois, suite au TA, seul le PNF de l'AIE880 a pu distinguer la traînée de condensation de l'intrus se dirigeant vers lui sur la droite.

L'afficheur TCAS superpose plusieurs symboles à titre de représentations, dont l'interprétation peut être ambiguë si la formation est inexistante, inadaptée ou incomplète. Suite au RA, le PF de l'AIE880 a eu le réflexe de virer à gauche à la suite d'une mauvaise interprétation de l'affichage du RA. Il est possible que l'apparition de la cible dans le coin droit supérieur sur l'afficheur ait pu inciter le PF à virer à gauche. Quant au PF de l'AIE304, le virage à droite demeure inexplicé, considérant que l'intrus était à sa droite. Il est peu probable que le PF de l'AIE304 ait, à l'aide de l'afficheur TCAS, identifié visuellement l'autre aéronef considérant qu'il a initié un virage à droite, alors que l'autre aéronef était à sa droite, sur une trajectoire convergente.

Les avis TCAS sont plutôt rares, surtout dans des environnements où la densité du trafic aérien est moindre. Les actions que doivent prendre les équipages de conduite suite à un avis TCAS sont toujours prises à un moment où le niveau de stress augmente et lorsqu'ils sont pressés par le temps. Sous l'effet du stress, la possibilité de mal interpréter de l'information ambiguë est plus élevée. Pour des pilotes avec beaucoup d'années d'expérience de vol ou d'entraînement sur des aéronefs non munis de TCAS, ce qui était le cas du PF de l'AIE304, leur réaction automatique suite à un trafic qui vient en sens opposé pourrait être de tourner à droite. Il est possible que le PF de l'AIE304 ait perçu l'intrus sur l'afficheur du TCAS comme étant devant sur une trajectoire opposée sans toutefois observer qu'il était légèrement à droite de sa trajectoire. En situation de stress ou de charge de travail élevée, les comportements peuvent retourner à ceux qui ont été appris dans le passé, ou à ceux qui sont habituellement utilisés. Ce

type de comportement aurait été appris au niveau de la connaissance de base³², soit un comportement automatique bien acquis. Étant donné que la réglementation aérienne exige aux pilotes d'effectuer un virage à droite lorsqu'il y a risque de collision frontale, il est possible que le virage à droite effectué par le PF de l'AIE304 soit le résultat d'une réaction acquise et bien conditionnée.

En tenant compte du temps auquel l'équipage de l'AIE880 a initié la descente, probablement après le RA, ainsi que du délai de 5 secondes accordées au pilote afin d'effectuer la manœuvre du RA, on peut conclure que le PF a réagi promptement au RA malgré qu'il ait initié un virage à gauche, lequel a été arrêté à la demande du PNF.

Le virage à droite effectué par l'AIE304 était inapproprié considérant la position relative de l'autre aéronef. Ce type de manœuvre dans un environnement de trafic plus dense pourrait avoir des conséquences fatales. Bien qu'un virage puisse faire en sorte que la distance entre 2 aéronefs augmente, le virage peut réduire l'écart avec d'autres aéronefs avoisinants et mener à une collision. De plus, la perte de portance causée par le virage à 38° d'inclinaison a été corrigée tardivement. L'aéronef a perdu de l'altitude et, par le fait même, a retardé la montée telle qu'elle a été annoncée par le RA. Il s'est écoulé environ 9 secondes entre le RA et l'arrêt de la descente, soit 4 secondes de plus que le délai accordé pour effectuer la manœuvre RA. L'élément de surprise, le changement requis de l'attention, qui était détournée à l'extérieur ainsi que l'inexpérience du commandant à se servir de l'équipement TCAS sont des facteurs qui ont pu amoindrir la capacité du PNF à réagir rapidement aux avis TCAS.

Au cours des 2 événements antérieurs ayant fait l'objet d'une analyse de risque par la compagnie aérienne, les pilotes avaient aussi effectué, comme manœuvre d'évitement, un virage à droite suite à l'avis TCAS. Il arrive couramment que les pilotes ne réagissent pas correctement aux avis TCAS. Cependant, le problème ne se situe en général que sur le plan vertical. Ainsi, les pilotes ne suivent pas correctement la vitesse de montée ou de descente telle qu'elle est annoncée par le TCAS.

2.3 Télécommunications

Aucun des équipages n'a communiqué sa déviation d'altitude. À cet égard, le programme d'autoformation indique que cette tâche est à la « discrétion » du commandant de bord alors que le manuel d'exploitation de la compagnie aérienne et l'AIM stipulent que les commandants de bord doivent rapporter, au service de la circulation aérienne (ATS), tout événement lié à un RA. On n'a pas pu déterminer si cette divergence de directive a joué un rôle au fait que les 2 équipages de conduite n'ont pas rapporté la déviation d'altitude à l'ATS en temps opportun.

Suite aux événements antérieurs, la compagnie aérienne avait cerné les communications comme étant un facteur commun aux risques de collision survenus et elle avait émis des recommandations à cet égard. Par exemple, être toujours à l'écoute sur la fréquence appropriée. Dans le cas de cet événement, l'aéronef évoluait dans un espace aérien dans lequel aucune fréquence en route n'est assignée. L'absence d'une telle fréquence a pu faire en sorte que l'équipage de conduite de l'AIE304 a porté peu d'importance aux communications radio dès son autorisation de quitter la fréquence du Centre de contrôle régional de Montréal. Cependant,

³²

Rasmussen, J. (1983). *Skills, rules, knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 13, 257-266.

il lui était possible de maintenir des communications bidirectionnelles avec l'ATS, par le biais du FIC de Québec sur la fréquence de la DRCO.

Bien que le contrôleur puisse obtenir des projections de position de l'aéronef à l'aide du CAATS, il lui était impossible de savoir que l'aéronef avait quitté l'altitude qu'il avait été autorisé de maintenir. Sans lien direct de communication radio, les contrôleurs doivent communiquer leurs instructions à un spécialiste de l'information de vol qui en fait le relais aux pilotes. Il peut donc se produire des délais de transmission d'instructions importantes pour les pilotes qui survolent au-dessus de cette région.

2.4 *Système de gestion de la sécurité et évaluation du risque*

La culture de sécurité était un élément important et considéré au sein de l'entreprise. Avant même l'approbation en 2009 du SGS, certains éléments d'un SGS, tel le signalement d'événement, étaient déjà en place et l'apport du personnel au signalement d'événements était en croissance. Cependant, rien n'indique que les problèmes d'oscillation de pilote automatique étaient rapportés de manière officielle, soit par une inscription de l'anomalie au carnet de route. Le problème d'oscillation de ce modèle de pilote automatique est un problème typique reconnu. Puisqu'une option de rechange est possible, soit l'utilisation du mode VS, il est probable que les équipages de conduite considéraient ce problème comme mineur. Par conséquent, le rapport informel de l'anomalie leur paraissait suffisant.

Le SGS de la compagnie aérienne avait permis de cerner le risque d'une collision comme étant un risque indésirable, et qu'une atténuation du risque était nécessaire. L'utilisation du formulaire d'évaluation de risque de la compagnie aérienne a permis d'arriver à la même évaluation de risque que la matrice de tolérabilité de risque de l'OACI. Cependant, les mesures prises par la compagnie aérienne n'ont pas permis de prévenir cet événement particulier. Aucune des analyses de risque effectuées par la compagnie aérienne n'avait pris en considération les actions non conformes prises par les équipages de conduite suite à un RA. Tous ont effectué un virage à droite suite à un RA alors que les avis TCAS ne procurent des consignes que sur le plan vertical. L'impact que pouvaient avoir ces manœuvres dans d'autres circonstances n'a pas été pris en considération et rien n'indique que la compagnie aérienne s'est questionnée ou a tenté de comprendre pourquoi les équipages avaient tous viré à droite.

2.5 *Formation*

Depuis 2010, il y a un programme d'autoformation académique sur le fonctionnement et l'utilisation du TCAS qui est disponible pour les équipages de conduite. Cependant, les dossiers de formation des équipages concernés démontrent que cette autoformation n'a été effectuée que par les 2 PNF. Bien que le PNF de l'AIE304 avait effectué l'autoformation, ce dernier n'était pas à son siège au moment de l'événement. Par conséquent, le PNF n'a pu apporter l'aide attendue au PF en accomplissant les tâches suivantes qui lui incombait :

- suite au TA, à l'aide des informations sur l'afficheur TCAS, annoncer le gisement en utilisant la position de référence d'horloge, la distance et l'altitude relative de l'intrus;
- aider le PF dans une recherche visuelle de l'intrus;
- suite au RA, en utilisant les informations du VSI, confirmer que l'action actuelle du PF est conforme au RA.

Bien que l'analyse de risque effectuée par la compagnie aérienne le 12 novembre 2009 indique que des mesures de sécurité ont été prises au sujet de la formation dont, entre autres, la simulation de conflit de trafic lors des vols d'entraînement, plusieurs éléments indiquent que la formation en simulateur propre aux manœuvres est soit inexistante ou incomplète :

- rien n'indique dans les dossiers de formation que des scénarios de RA sont pratiqués lors de la formation initiale en simulateur, ni lors de la formation périodique;
- les 2 PFs de cet événement ont initié un virage suite à l'avis TCAS;
- le temps de réaction du commandant de l'AIE304 suite au RA a été presque le double du délai accordé pour effectuer la manœuvre RA;
- aucun des équipages de conduite de l'événement en question n'a rapporté leur déviation d'altitude à l'ATS; et
- d'autres pilotes de la compagnie aérienne avaient aussi initié des virages suite à un avis TCAS.

Une telle formation en simulateur préparerait mieux les équipages de conduite à une telle éventualité.

2.6 *Enregistreurs de bord*

Puisque les aéronefs n'étaient pas équipés d'un CVR d'une capacité d'enregistrement de 2 heures, les enquêteurs ont été privés d'information qui aurait pu leur permettre de cerner des lacunes de sécurité potentielles concernant le niveau de la coordination des équipages de conduite, avant ou suite à l'avis TCAS, ainsi que sur le fonctionnement approprié du TCAS.

Presque 12 ans après sa première réponse suite à la recommandation A99-02, une ébauche d'un APM (2011-010) a été élaborée par TC et soumise à une réunion du comité technique du CCRAC, en septembre 2011.

Malgré le fait que le comité technique ait accepté l'APM tel qu'il a été présenté, il a été soumis à une évaluation des risques sous réserve. De plus, tous les éléments qui constituent l'APM pourront être modifiés suite à des consultations et aux résultats de l'évaluation des risques, de l'analyse coûts/avantages et autres instruments qui pourront être utilisés pour confirmer la méthode. Ceci signifie qu'il faudra un certain temps, voire des années, avant qu'il y ait un changement. Par conséquent, la lacune de sécurité, qui a été relevée par la recommandation et que TC a reconnue, persiste toujours.

3.0 *Conclusions*

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

1. L'équipage de l'AIE304 a utilisé, comme solution de rechange, le mode VS pour maintenir l'altitude face au problème des oscillations en tangage lorsque le pilote automatique est engagé.
2. Malgré que le mode VS ne soit ni conçu ni évalué pour cette fonction, rien n'interdisait l'équipage de conduite de l'utiliser pour le maintien de l'altitude.

3. Suite à l'utilisation du mode VS, l'AIE304 s'est établi dans une descente lente non perceptible sans l'aide des instruments de bord.
4. Comme le commandant de bord de l'AIE304 n'a pas porté l'attention appropriée aux instruments de bord qui lui auraient permis d'être conscient de la situation, cela a contribué à la perte d'altitude menant au risque de collision.
5. L'élément de surprise, le moment d'inattention, l'utilisation rare du système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAS) sont tous des facteurs qui ont pu atténuer la capacité du commandant de l'AIE304 de réagir rapidement à l'avis de résolution (RA).
6. La formation en simulateur propre aux manœuvres est soit inexistante ou incomplète, de sorte que les 2 pilotes aux commandes ont initialement réagi incorrectement aux RA.
7. Le PNF de l'AIE304 ne prenait pas place dans le poste de pilotage et ne pouvait donc aider à répondre aux avertissements TCAS.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Le voyant d'alerte d'altitude situé sur chacun des altimètres barométriques attire moins l'attention, car il ne clignote pas et que le contraste est moindre lorsqu'il est éteint et allumé pendant le jour. Ceci peut réduire le temps de réaction des pilotes afin de cerner et d'initier des mesures correctives.
2. L'absence d'une alarme audible, indiquant que l'aéronef avait dévié de son altitude, dont sont munis certains autres DHC-8 de la compagnie, a réduit la possibilité de découvrir la perte d'altitude en temps opportun.
3. La présence de systèmes d'alarme différents au sein d'une flotte d'aéronefs du même type peut créer un risque pour les équipages qui doivent régulièrement faire la commutation entre les différents modèles d'aéronefs. Par conséquent, l'attente d'un avertissement qui ne vient jamais peut retarder les mesures nécessaires pour éviter les situations dangereuses.
4. L'afficheur TCAS superpose plusieurs symboles, dont l'interprétation peut être ambiguë lorsque la formation est inexistante, inadaptée ou incomplète. Par conséquent, la réaction à un avis TCAS pourrait être retardée ou inappropriée.
5. Les 2 PF ont effectué des virages suite à l'avis TCAS. Dans un environnement de trafic plus dense, ceci pourrait réduire l'écart avec d'autres aéronefs avoisinants et amener à un risque de collision.
6. L'absence d'information enregistrée entrave considérablement la capacité du BST à enquêter sur les accidents en temps opportun, ce qui peut empêcher ou retarder l'identification et la communication des lacunes de sécurité, et nuire à l'amélioration de la sécurité des transports.

3.3 *Autres faits établis*

1. Aucune des analyses de risque effectuées par la compagnie aérienne dans le cadre de son SGS n'a pris en considération les actions non conformes prises par les équipages de conduite suite à un RA. Les 2 PF ont effectué un virage à droite suite au RA, alors que les avis TCAS ne procurent des consignes que sur le plan vertical.
2. Aucun des équipages n'a mentionné sa déviation d'altitude à l'ATS en temps opportun.
3. L'absence d'un contact radio direct peut contribuer à retarder la transmission de consignes importantes.

4.0 *Mesure de sécurité prise*

Le 4 mars 2011, la compagnie aérienne a émis une « alerte de sécurité » interdisant à ses pilotes l'utilisation du mode VS autre que pour les descentes.

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 4 juillet 2012. Il est paru officiellement le 21 août 2012.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web (www.bst-tsb.gc.ca). Vous y trouverez également la Liste de surveillance qui décrit les problèmes de sécurité dans les transports présentant les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a établi que les mesures prises jusqu'à présent sont inadéquates, et que tant l'industrie que les organismes de réglementation doivent prendre de nouvelles mesures concrètes pour éliminer ces risques.

Annexe A – Sommaire de la séquence des événements

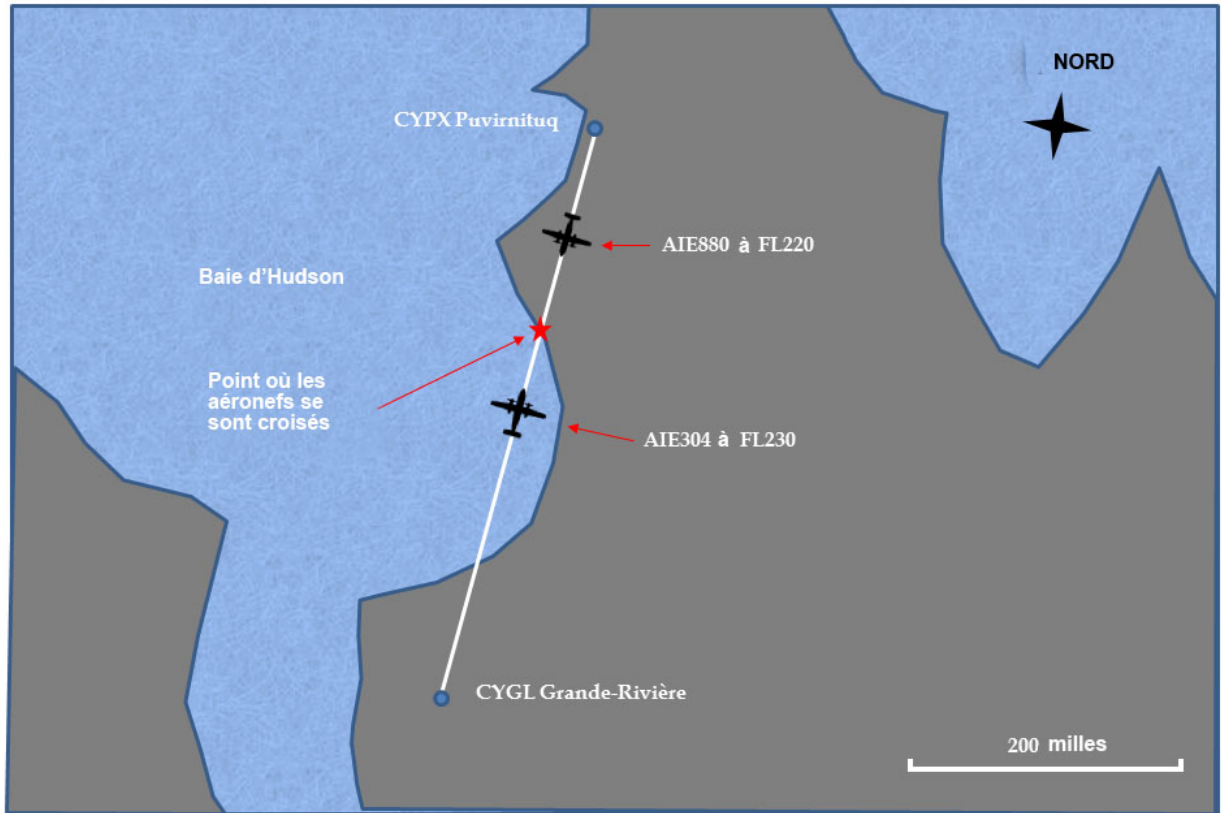
Heure	AIE880	AIE304	Espacement vertical/horizontal
14 h 21 min 35 s		La descente débute à une vitesse d'environ 50 pieds/min	1000 pieds/131 nm
14 h 35 min 24 s (TA ³³ = CPA ³⁴ - 48 sec)	Alerte sonore « TRAFFIC TRAFFIC »	Alerte sonore « TRAFFIC TRAFFIC »	300 pieds/7, 4 nm
14 h 35 min 26 s	Débrayage du pilote automatique		277 pieds/6, 6 nm
14 h 35 min 32 s	Légère inclinaison à droite avec perte d'altitude	Débrayage du pilote automatique	284 pieds/5, 7 nm
14 h 35 min 37 s (RA ³⁵ = CPA-35 sec)	Alerte sonore de descendre	Alerte sonore de montée. Le PF amorce un virage à droite jusqu'à 38° d'inclinaison.	300 pieds/5, 5 nm
14 h 35 min 38 s	Le PF amorce un virage à gauche et amorce la descente		360 pieds/4, 8 nm
14 h 35 min 46 s		Tire sur le manche pour arrêter la descente en raison du virage à 38° d'inclinaison	518 pieds/3, 7 nm
14 h 36 min 12 s (CPA)	À 21 300 pieds	À 22 800 pieds	1500 pieds/0, 8 nm
14 h 36 min 58 s		Embrayage du pilote automatique	800 pieds/6, 2 nm
14 h 37	Retour en palier au FL220		775 pieds/6, 5 nm
14 h 37 min 11 s	Embrayage du pilote automatique		675 pieds/8, 0 nm
14 h 37 min 46 s		Retour en palier au FL230	1000 pieds/12 nm

³³ TA = Avis de trafic

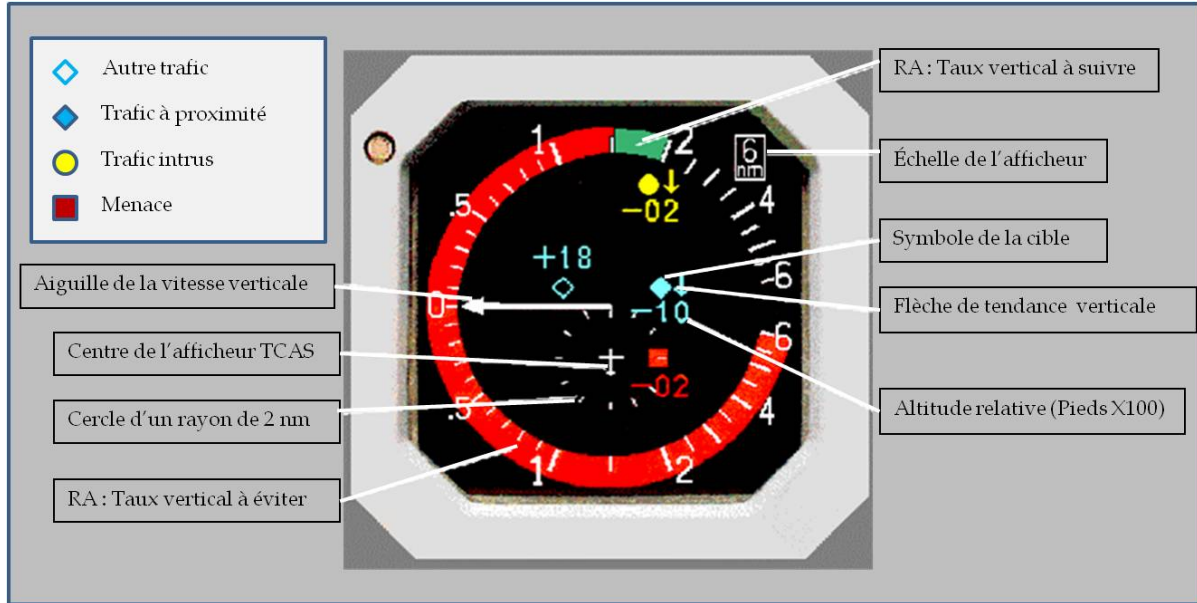
³⁴ CPA= Point d'approche le plus près

³⁵ RA= Avis de résolution

Annexe B - Trajectoire approximative des aéronefs



Annexe C – Exemple d’affichage d’un RA



Annexe D - Risques de sécurité (OACI Doc 9859 AN/474)

	Signification	Valeur
Fréquent	Susceptible de se produire de nombreuses fois (s'est produit fréquemment)	5
Occasionnel	Susceptible de se produire parfois (s'est produit peu fréquemment)	4
Éloigné	Peu susceptible de se produire, mais possible (s'est produit rarement)	3
Improbable	Très peu susceptible de se produire, (on n'a pas connaissance que cela se soit produit)	2
Extrêmement improbable	Il est presque inconcevable que l'événement se produise	1

Figure 5.2. Tableau de probabilité de risque de sécurité

Gravité de l'occurrence	Signification	Valeur
Catastrophique	<ul style="list-style-type: none"> — Équipement détruit — Morts multiples 	A
Dangereux	<ul style="list-style-type: none"> — Forte réduction des marges de sécurité, détresse physique ou charge de travail telle que l'on ne pourra compter sur la fiabilité des opérateurs pour accomplir leurs tâches de façon exact ou complète — Lésions graves — Dommages majeurs à l'équipement 	B
Majeur	<ul style="list-style-type: none"> — Réduction significative des marges de sécurité, réduction de la capacité des opérateurs à faire face aux conditions d'exploitation défavorables du fait d'une charge de travail accrue, ou de conditions compromettant leur efficacité — Incident grave — Lésions à des personnes 	C
Mineur	<ul style="list-style-type: none"> — Nuisance — Limitations de l'exploitation — Application de procédures d'urgence — Incident mineur 	D
Négligeable	<ul style="list-style-type: none"> — Conséquences minimales 	E

Figure 5.3. Tableau de gravité de risque de sécurité

Probabilité du risque	Gravité du risque				
	Catastrophique A	Dangereux B	Majeur C	Mineur D	Négligeable E
Fréquent 5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasionnel 4	4A	4B	4C	4D	4E
Éloigné 3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable 2	2A	2B	2C	2D	2E
Extrêmement improbable 1	1A	1B	1C	1D	1E

Figure 5.4. Matrice d'évaluation de risque de sécurité

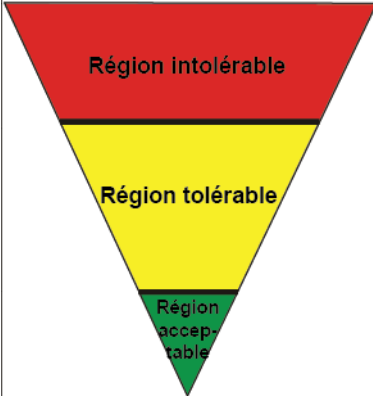
Critères suggérés	Indice de risque de l'évaluation	Critères suggérés
 Région intolérable	5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Inacceptable dans les circonstances existantes
Région tolérable	5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C	Acceptable sur la base d'une atténuation de risque. Peut exiger une décision de la direction.
Région acceptable	3E, 2D, 2E, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E	Acceptable

Figure 5.5. Matrice de tolérance du risque de sécurité