



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Domaine aviation

Rapport final n° 2278

du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'incident grave (AIRPROX)

entre l'aéronef B738, TC-JGV,
exploité par Turkish Airlines avec l'indicatif ATC
THY1QM

et l'aéronef F100, OE-LVL,
exploité par Tyrolean Airways avec l'indicatif ATC
AUA582W

survenu le 31 mars 2014

à l'aéroport de Genève (LSGG) / GE

Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass es zwischen einem startenden Flugzeug und einem Flugzeug im Landeanflug auf die Hartbelagpiste 05 infolge einer unzweckmässigen Eingliederung des Startlaufes ab der Rollabzweigung Z zu einer gefährlichen Annäherung kam.

Die Untersuchung hat folgenden systemischen Faktor für den schweren Vorfall ermittelt:

- Systemeinstellungen des RIMCAS (*runway incursion monitoring and conflict alert sub-system*).

Remarques générales sur le présent rapport

Le présent rapport relate les conclusions du Service suisse d'enquête de sécurité (SESE) relatives aux circonstances et aux causes de cet incident grave.

Conformément à l'article 3.1 de la 10^e édition de l'annexe 13, applicable dès le 18 novembre 2010, de la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI) du 7 décembre 1944, ainsi que selon l'article 24 de la loi fédérale sur la navigation aérienne, l'enquête sur un accident ou un incident grave a pour seul objectif la prévention d'accidents ou d'incidents graves. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave. Le présent rapport ne vise donc nullement à établir les responsabilités ni à élucider des questions de responsabilité civile.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

La version de référence de ce rapport est rédigée en langue française.

Pour assurer la protection des données, elle fait usage du masculin générique.

Toutes les informations contenues dans ce rapport, sauf indication contraire, se réfèrent au moment de l'incident grave.

Sauf indication contraire, toutes les heures indiquées dans ce rapport le sont en heure universelle coordonnée (*coordinated universal time* – UTC). Au moment où s'est produit l'incident grave, l'heure normale valable pour le territoire suisse (*local time* – LT) correspondait à l'heure d'été de l'Europe centrale (*central european summer time* – CEST).

La relation entre LT, CEST et UTC est : $LT = CEST = UTC + 2 \text{ h.}$

Table des matières

Résumé	6
Enquête	7
Synopsis	7
Causes	7
Recommandations de sécurité	7
1 Renseignements de base	8
1.1 Faits antécédents et déroulement de l'incident grave	8
1.1.1 Généralités	8
1.1.2 Déroulement de l'incident grave	8
1.1.3 Lieu où s'est produit l'incident grave	10
1.2 Renseignements sur le personnel	10
1.2.1 Equipage de conduite THY1QM	10
1.2.1.1 Commandant de bord	10
1.2.1.2 Copilote	10
1.2.2 Equipage de conduite AUA582W	11
1.2.2.1 Commandant de bord	11
1.2.2.2 Copilote	11
1.2.3 Personnel des services de contrôle de la circulation aérienne	11
1.2.3.1 Contrôleur d'aérodrome	11
1.2.3.2 Contrôleur sol	11
1.2.3.3 Superviseur de la tour de contrôle	12
1.3 Renseignements sur les aéronefs	12
1.3.1 TC-JGV	12
1.3.2 OE-LVL	12
1.4 Renseignements météorologiques	12
1.4.1 Situation météorologique générale	12
1.4.2 Situation météorologique dans la région de Genève au moment de l'incident grave	13
1.4.3 Informations astronomiques	13
1.4.4 Informations météorologiques et opérationnelles relatives à l'approche	13
1.5 Aides à la navigation	14
1.6 Communications	14
1.7 Renseignements sur l'aérodrome	14
1.7.1 Généralités	14
1.7.2 Equipement et dimensions des pistes	14
1.8 Enregistreurs de bord	14
1.9 Essais et recherches	14
1.10 Renseignements en matière d'organisation et de gestion	14
1.10.1 Service de la navigation aérienne	14
1.10.1.1 Généralités	14
1.10.1.2 Séparation réduite de piste	15
1.10.1.3 Alignements multiples	16
1.10.1.4 Départs piste 05	16
1.10.1.5 Autorisation de décollage	16
1.10.1.6 Capacité de la piste en béton	17
1.11 Renseignements supplémentaires	17
1.11.1 Système de surveillance de piste SAMAX	17
1.11.2 Filet de sauvegarde RIMCAS	18
1.11.2.1 Alertes RIMCAS émises lors de l'incident grave	19
1.11.2.2 Procédures opérationnelles relatives au filet de sauvegarde RIMCAS	20

1.11.3	Dynamique du rapprochement	20
1.11.4	Exemples de pertes de séparation similaires	21
2	Analyse	22
2.1	Aspects techniques	22
2.1.1	Alarme de phase 1 du système RIMCAS	22
2.1.2	Alertes du système RIMCAS	22
2.2	Facteurs humains et opérationnels	23
2.2.1	Aspects relatifs au contrôle aérien	23
2.2.1.1	Le contrôleur d'aérodrome	23
2.2.1.2	Procédures RIMCAS	23
2.2.2	Aspects relatifs à la conduite du vol	23
2.2.2.1	Equipage de conduite du vol THY1QM	23
2.2.3	Mise en danger potentielle	24
3	Conclusions	25
3.1	Faits établis	25
3.1.1	Aspects techniques	25
3.1.2	Equipages de conduite	25
3.1.3	Contrôle aérien	25
3.1.4	Déroulement de l'incident grave	25
3.1.5	Cadre environnemental	25
3.2	Causes	26
4	Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'incident grave	27
4.1	Recommandations de sécurité	27
4.1.1	Système RIMCAS	27
4.1.1.1	Déficit de sécurité	27
4.1.1.2	Recommandation de sécurité n° 508	28
4.2	Avis concernant la sécurité	28
4.3	Mesures prises après l'incident grave	28

Rapport final

Résumé

Aéronef 1

Propriétaire	Turkish Airlines, Ataturk Airport, Yesilkoy, Istanbul
Exploitant	Turkish Airlines, Ataturk Airport, Yesilkoy, Istanbul
Constructeur	Boeing Commercial Airplanes, Seattle, Washington, USA
Type d'aéronef	Boeing B737-800
Classification de l'aéronef	Catégorie 3
Pays d'immatriculation	Turquie
Immatriculation	TC-JGV
Numéro du vol	TK1919
Indicatif de plan de vol ATC	THY1QM
Indicatif d'appel	<i>Turkish one quebec mike</i>
Règles de vol	Vol aux instruments (<i>instrument flight rules – IFR</i>)
Type d'exploitation	Vol de ligne
Point de départ	Istanbul (LTBA)
Point de destination	Genève (LSGG)

Aéronef 2

Propriétaire	Austrian Airlines AG, Office Park 2, A-Wien
Exploitant	Tyrolean Airways Tiroler Luftfahrt GmbH, A-Innsbruck
Constructeur	Fokker - Aircraft B.V., Pays-Bas
Type d'aéronef	F100
Classification de l'aéronef	Catégorie 3
Pays d'immatriculation	Autriche
Immatriculation	OE-LVL
Numéro du vol	OS582
Indicatif de plan de vol ATC	AUA582W
Indicatif d'appel	<i>Austrian five eight two whiskey</i>
Règles de vol	Vol aux instruments (<i>instrument flight rules – IFR</i>)
Type d'exploitation	Vol de ligne
Point de départ	Genève (LSGG)
Point de destination	Vienne (LOWW)

Lieu	Piste 05, Aéroport International de Genève (LSGG)
Date et heure	31 mars 2014, 15:43:56 UTC
Service ATS	Tour de contrôle (<i>aerodrome control</i> – ADC) de Genève
Espace aérien	Zone de contrôle (control zone – CTR) LSGG, Classe D
Distance minimale entre les deux aéronefs	Horizontalement 1206 m, sur la piste
Séparation minimale prescrite	2400 m en condition de distance minimale réduite
Catégorie d'Airprox	OACI catégorie A - risque élevé de collision

Enquête

L'incident grave s'est produit le 31 mars 2014 à 15:43 UTC. Il a été annoncé le 11 avril à 14:29 UTC. Le Service d'enquête suisse sur les accidents SESA¹ a ouvert une enquête le 16 avril 2014.

Le rapport final est publié par le SESE.

Synopsis

Dans l'après-midi du 31 mars 2014, le Boeing 737-800 opérant le vol THY1QM effectue par beau temps une approche visuelle vers la piste 05. Alors qu'il est en finale à 7.5 NM du seuil de piste, le contrôleur d'aérodrome aligne et fait attendre le Fokker 100 opérant le vol AUA582W. Pour accélérer la cadence du trafic, il fait partir auparavant un PC 12 de la voie circulation Z, mais attend que ce dernier s'éloigne suffisamment avant d'autoriser AUA582W à décoller. Le contrôleur réalise que sa tactique va provoquer un rapprochement dangereux entre THY1QM et AUA582W. L'activation du filet de sauvegarde de piste RIMCAS² quelques secondes plus tard, confirme et atteste que cette crainte était justifiée. Lorsque l'alarme se déclenche, le contrôleur estime qu'il sera moins risqué d'autoriser THY1QM à atterrir que d'ordonner une remise des gaz et une interruption de décollage simultanées. Lorsque THY1QM survole le seuil de piste décalé 05, il se trouve à 1206 m de AUA582W qui s'élance, alors que la distance minimale réduite prescrite est de 2400 m.

Causes

L'incident grave est dû au rapprochement dangereux entre un avion au décollage et un avion en phase d'atterrissage, sur la piste béton 05, en raison de l'intégration inappropriée d'un départ au niveau de la voie de circulation Z.

L'enquête a identifié le facteur suivant jouant un rôle systémique dans l'incident grave :

- paramétrage du système RIMCAS (*runway incursion monitoring and conflict alert sub-system*).

Recommandations de sécurité

Le rapport met en évidence un déficit de sécurité qui a donné lieu à une recommandation de sécurité.

¹ Le SESA (Service d'enquête sur les accidents) est devenu le SESE (Service suisse d'enquête de sécurité) le 1^{er} février 2015.

² RIMCAS : *runway incursion monitoring and conflict alert sub-system*.

1 Renseignements de base

1.1 Faits antécédents et déroulement de l'incident grave

1.1.1 Généralités

Le déroulement de cet incident grave a pu être reconstitué à l'aide des enregistrements des communications radiotéléphoniques, des données et tracés radar, des informations du système de surveillance de piste SAMAX³ ainsi que des transmissions descendantes Mode S. Il s'appuie également sur les commentaires donnés par le commandant de bord du THY1QM et sur les dépositions des contrôleurs de la circulation aériennes impliqués dans l'incident grave.

Les vols de lignes en cause, d'indicatifs ATC AUA582W et THY1QM, évoluaient selon les règles de vol aux instruments (*instrument flight rules – IFR*). Ils étaient en contact avec les services de la circulation aérienne de la tour de contrôle (*aerodrome control tower – TWR*) de Genève, où les trois postes de travail suivants étaient occupés :

- contrôle sol (*ground control – GND*) ;
- contrôle d'aérodrome (*aerodrome control – ADC*) ;
- superviseur de la tour de contrôle.

La piste 05 était en service et les conditions opérationnelles permettaient d'appliquer les séparations réduites entre les aéronefs en mouvement sur la piste et les aéronefs en vol dans la zone de responsabilité de la tour de contrôle.

1.1.2 Déroulement de l'incident grave

Le 31 mars 2014 à 15:38:32 UTC, l'équipage de conduite du Boeing 737-800 immatriculé TC-JCV opérant le vol THY1QM d'Istanbul (LTBA) à destination de Genève (LSGG), s'annonce sur la fréquence de la tour de contrôle de Genève. L'avion effectue une approche à vue pour la piste 05 et se trouve à l'altitude de 6 600 ft en fin vent arrière main droite, à environ 15 NM du seuil de piste décalé⁴. Il fait beau, le ciel est pratiquement sans nuage et la visibilité est supérieure à 25 km.

A 15:40:23 UTC, le contrôleur d'aérodrome⁵ autorise l'équipage de conduite du Fokker 100 effectuant le vol AUA582W à destination de Vienne (LOWW), à s'aligner et à attendre en début de piste 05 derrière un Falcon F7X en phase de départ. Il demande ensuite à THY1QM, alors distant de 9.8 NM du seuil de piste, de réduire sa vitesse à 160 kt. La charge de travail du contrôleur est moyenne.

Le contrôleur s'aperçoit que le Falcon est de la catégorie de turbulence de sillage « Petit⁶ », ce qui permet le départ sans délai du PC12 immatriculé LX-JFH alors en attente sur la plateforme de la voie de circulation Z. Il ordonne alors à son pilote de s'aligner et d'attendre sur la piste 05, puis informe subséquemment AUA582W qu'il sera numéro deux, derrière un départ à la hauteur d'une voie de circulation.

A 15:41:36 UTC, alors qu'il s'engage sur la piste, LX-JFH est autorisé à décoller. THY1QM se trouve à ce moment à 6 NM du seuil, AUA582W est aligné et attend :

³ SAMAX : *Swiss airport movement area control system*.

⁴ Le seuil de la piste 05 est décalé d'une distance de 330 m du début de piste. Dans la suite du rapport le terme « seuil » fait référence à « seuil décalé ».

⁵ Sauf indication particulière, dans la suite du rapport le terme « contrôleur » s'applique au contrôleur d'aérodrome.

⁶ Catégorie de turbulence de sillage utilisée en Suisse, dans laquelle l'appellation « Petit » fait référence aux aéronefs dont la masse maximale au décollage est comprise entre 7001 et 40 000 kg.

le contrôleur ne peut pas autoriser son départ tant qu'un risque de rapprochement dangereux existe avec le PC12. Il réalise que THY1QM se rapproche de la piste au point de compromettre la distance minimale requise entre les deux avions au moment où AUA582W prendra son envol. Il réagit en donnant à AUA582W une altitude initiale de montée de 4 000 ft puis ordonne à THY1QM qui est alors à 5 NM du seuil à la vitesse indiquée de 160 kt, de réduire sa vitesse d'approche à sa valeur minimale.

Le commandant de bord de THY1QM réalise sur la base des communications radiotéléphoniques qu'un conflit se développe avec le trafic aligné en début de piste 05. Il diminue davantage sa vitesse, en adoptant la configuration à l'atterrissage qui permet la réduction la plus significative. L'équipage de conduite décide de garder les deux pilotes automatiques engagés le plus longtemps possible pour avoir la possibilité d'effectuer une remise des gaz automatique.

LX-JFH décolle à 15:42:24 UTC et six secondes plus tard le contrôleur demande à son pilote de monter avec le meilleur taux jusqu'au passage de l'altitude de 5000 ft. A 15:42:59 UTC, il l'enjoint de tourner à gauche au cap 010°. THY1QM se trouve alors à 2.2 NM du seuil de piste 05 et approche à la vitesse indiquée de 147 kt.

A 15:43:04 UTC, le contrôleur autorise AUA582W à décoller et, après le collationnement de l'autorisation, informe THY1QM qu'un trafic a initié son départ.

A 15:43:27 UTC, le filet de sauvegarde RIMCAS⁷ signale un rapprochement potentiellement dangereux sur la piste, en illuminant en orange les étiquettes radar de THY1QM et AUA582W sur les écrans du système de surveillance de piste SA-MAX. Occupé à regarder à l'extérieur pour gérer son trafic, le contrôleur ne remarque pas l'alerte.

Quinze secondes plus tard, à 15:43:42 UTC, les étiquettes radar deviennent rouges et l'alarme parlée « RIMCAS » est émise, indiquant que le rapprochement entre THY1QM et AUA582W devient critique et qu'une action corrective immédiate doit être envisagée. THY1QM se trouve à la hauteur de 200 ft, à 0.5 NM du seuil et à 1215 m de AUA582W, qui passe au travers de la voie de circulation F à la vitesse sol de 85 kt.

Face à l'alarme, le contrôleur juge que la séparation est en train de se rétablir et estime qu'une remise de gaz n'est pas nécessaire. En effet, cette option ainsi que l'interruption de décollage qui aurait dû être ordonnée alors à AUA582W présenteraient une issue incertaine. Il choisit donc de ne pas intervenir et autorise THY1QM à atterrir à 15:43:44 UTC.

A 15:43:56 UTC, THY1QM survole le seuil de piste 05 et se trouve à 1206⁸ m de AUA582W alors que la distance minimale prescrite est de 2400 m. Les avions ont une vitesse sol identique de 134 kt et à partir de cet instant la distance de l'un à l'autre augmente. Les deux pilotes de THY1QM se confirment mutuellement que l'avion qui décolle a bien pris son envol et continuent l'approche. Il leur semble alors que la séparation réduite est respectée.

A 15:44:00 UTC, AUA582W prend son envol et trois secondes plus tard, THY1QM prend contact avec la piste. Il la quitte normalement par la voie de circulation C.

⁷ RIMCAS : *runway incursion monitoring and conflict alert sub-system*.

⁸ La précision de la mesure est de ± 5 m.



Fig. 1 : Trajectoires et positions de THY1QM (bleu, seuil 05) et AUA582W (rouge) à 15:43:56 UTC

1.1.3 Lieu où s'est produit l'incident grave

Position géographique	Aéroport de Genève (LSGG), territoire suisse
Date et heure	31 mars 2014, 15:43:56 UTC
Conditions d'éclairage	Jour

1.2 Renseignements sur le personnel

1.2.1 Equipage de conduite THY1QM

1.2.1.1 Commandant de bord

Personne	Citoyen grec né en 1961	
Licence	Pilote de ligne d'avion (<i>airline transport pilot licence aeroplane</i> – ATPL(A)) selon <i>joint aviation requirement</i> (JAR), établie par l' <i>Hellenic Civil Aviation Authority</i> (HCAA)	
Expérience de vol	Heures totales	18 750 h
	Dont sur le type en cause	9100 h
	Au cours des 90 derniers jours	207:47 h
	Dont sur le type en cause	207:47 h

Toutes les données à disposition indiquent que le commandant a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.1.2 Copilote

Personne	Citoyen turc né en 1971	
Licence	ATPL(A) selon JAR, établie par le <i>Directorate General of Civil Aviation</i> (DGCA) turc	
Expérience de vol	Heures totales	4910 h
	Dont sur le type en cause	1450 h
	Au cours des 90 derniers jours	187:34 h
	Dont sur le type en cause	187:34 h

Toutes les données à disposition indiquent que le copilote a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.2 Equipage de conduite AUA582W

1.2.2.1 Commandant de bord

Personne	Citoyen autrichien né en 1975	
Licence	ATPL(A) selon JAR et <i>Department of Civil Aviation of Austria</i> , établie par l' <i>Austro Control GmbH</i>	
Expérience de vol	Heures totales	7794 h
	Dont sur le type en cause	1131 h
	Au cours des 90 derniers jours	149:32 h
	Dont sur le type en cause	149:32 h

Toutes les données à disposition indiquent que le commandant a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.2.2 Copilote

Personne	Citoyen autrichien né en 1980	
Licence	ATPL(A) selon JAR et <i>Department of Civil Aviation of Austria</i> , établie par <i>Austro Control GmbH</i>	
Expérience de vol	Heures totales	6000 h
	Dont sur le type en cause	2300 h
	Au cours des 90 derniers jours	142:27 h
	Dont sur le type en cause	142:27 h

Toutes les données à disposition indiquent que le copilote a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.3 Personnel des services de contrôle de la circulation aérienne

1.2.3.1 Contrôleur d'aérodrome

Personne	Citoyen suisse, né en 1975
Licence	Contrôleur aérien (<i>air traffic controller licence</i>), basée sur la directive <i>EU-R805/2011</i> de la communauté européenne

Toutes les données à disposition indiquent que le contrôleur d'aérodrome a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.3.2 Contrôleur sol

Personne	Citoyen suisse, né en 1988
Licence	Contrôleur aérien (<i>air traffic controller licence</i>), basée sur la directive <i>EU-R805/2011</i> de la communauté européenne

Toutes les données à disposition indiquent que le contrôleur sol a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.2.3.3 Superviseur de la tour de contrôle

Personne	Citoyen suisse, né en 1971
Licence	Contrôleur aérien (<i>air traffic controller licence</i>), basée sur la directive <i>EU-R805/2011</i> de la communauté européenne

Toutes les données à disposition indiquent que le superviseur de la tour de contrôle a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.3 Renseignements sur les aéronefs

1.3.1 TC-JGV

Type d'aéronef	Boeing 737-800
Caractéristiques	Biréacteur moyen et court-courrier pour le transport de passagers, construction métallique à aile basse
Constructeur	Boeing Commercial Airplanes, Seattle, Washington, USA
Propriétaire	Turkish Airlines General Management Building, Ataturk Airport, Yesilkoy, Istanbul
Exploitant	Turkish Airlines General Management Building, Ataturk Airport, Yesilkoy, Istanbul
Equipement significatif	<i>traffic alert and collision avoidance system (TCAS)</i>

1.3.2 OE-LVL

Type d'aéronef	F100
Caractéristiques	Biréacteur court-courrier pour le transport de passagers, construction métallique à aile basse
Constructeur	Fokker Aircraft Services B.V., Schiphol, Pays-Bas
Propriétaire	Austrian Airlines AG Office Park 2; A-1300 Flughafen-Wien
Exploitant	Tyrolean Airways, Tiroler Luftfahrt GmbH, A-Innsbruck
Equipement significatif	<i>traffic alert and collision avoidance system (TCAS)</i>

1.4 Renseignements météorologiques

1.4.1 Situation météorologique générale

L'axe d'une dorsale étroite passait sur les Alpes et s'étendait de l'ouest de la mer Méditerranée jusqu'en Islande. La Suisse se trouvait entre deux anticyclones, l'un centré à l'ouest de la mer Méditerranée, l'autre situé sur la mer du Nord. Le temps était sec et partiellement ensoleillé.

1.4.2	Situation météorologique dans la région de Genève au moment de l'incident grave	
	Nuages	1/8 à 2/8 à 5 000 ft AAE ⁹ 5/8 à 7/8 à 23 000 ft AAE
	Visibilité	25 km
	Vent	050°/ 5 kt, variant de 020° à 080°
	Température / point de rosée	18 °C / 3 °C
	Pression atmosphérique	1013 hPa, pression réduite au niveau de la mer, calculée avec les valeurs de l'atmosphère standard de l'OACI
	Evolution	Aucun changement significatif prévu

1.4.3 Informations astronomiques

Position du soleil	Azimut: 250°	Hauteur : 23°
Conditions d'éclairage naturel	Jour	

1.4.4 Informations météorologiques et opérationnelles relatives à l'approche

Le service automatique d'information de région terminale (*automatic terminal information service* – ATIS) de Genève donnait pour 15:20 UTC l'information W :

INFO WHISKEY RWY: RWY IN USE 05 ILS MET REPORT LSGG 1520Z
VRB BTN 360 AND 070 DEG 3 KT CAVOK¹⁰ 19/04 QNH 1013 NOSIG
SPEED LIMITATION ACTIVE

En texte clair cela signifie que l'approche en cours d'utilisation est le système d'atterrissage aux instruments ILS¹¹ de la piste 05 et que la limitation de vitesse pour les arrivées est en vigueur.

Les conditions météorologiques données sont les suivantes :

Nuages	Aucun nuage en-dessous de l'altitude de 10 600 ft
Vent	Variable entre 360° et 070°, 3 kt
Visibilité horizontale	≥ 10 km
Température	19 °C
Point de rosée	4 °C
Pression atmosphérique QNH	1013 hPa
Prévision à court terme (changement significatif attendu pendant les deux heures suivant l'heure d'observation)	Aucun changement significatif prévu

⁹ AAE : *above aerodrome elevation*, au-dessus de l'altitude de l'aérodrome.

¹⁰ L'expression «CAVOK» (*ceiling and visibility OK*) est utilisée à la place des groupes visibilité, temps et nuages, dès que la visibilité horizontale est ≥ 10 km, qu'aucun nuage ne se trouve en-dessous de 5000 ft ou de l'altitude minimale de secteur (*minimum sector altitude* – MSA), qu'il n'y a pas de cumulonimbus ni de phénomène météorologique significatif, ceci au moment de l'observation.

¹¹ ILS : *instrument landing system*, système d'atterrissage aux instruments.

1.5 Aides à la navigation

Les aides à la navigation de l'aéroport de Genève n'ont joué aucun rôle dans la survenue de l'incident grave. AUA582W se trouvait sur la piste 05 et THY1QM effectuait une approche à vue, c'est-à-dire exécutée par repérage visuel du sol.

1.6 Communications

L'incident grave s'est produit alors que les avions en situation conflictuelle étaient en contact avec le contrôleur d'aérodrome. Les communications radiotéléphoniques se sont déroulées en anglais avec les équipages de conduite de AUA582W et THY1QM, en français avec le pilote de LX-JFH.

1.7 Renseignements sur l'aérodrome

1.7.1 Généralités

L'aéroport de Genève est situé à l'extrémité ouest de la Suisse. En 2013, 188 768 mouvements, c'est-à-dire des décollages ou des atterrissages, y ont eu lieu. La piste en béton a accueilli 179 212 mouvements, dont 95.1 % entre 6 h et 22 h.

Au mois de mars 2014, un tiers des pointes de trafic quotidien a eu lieu dans la tranche horaire comprise entre 15:00 et 15:59 UTC. La pointe maximale y a totalisé 47 mouvements. Le jour où s'est produit l'incident grave, le trafic horaire le plus élevé a été de 42 mouvements, ceci entre 08:00 et 08:59 UTC et 17:00 et 17:59 UTC.

1.7.2 Equipement et dimensions des pistes

Les données relatives à la piste de l'aéroport international de Genève sont les suivantes :

Signalisations et revêtement	Dimensions	Equipements
23/05 – béton	3900 x 50 m	ILS23-LLZ CAT III / ILS05-LLZ CAT I 05 et 23 PAPI 3°L

Piste 05: distance de roulement utilisable au décollage (*take off run available – TORA*) 3900 m / distance utilisable à l'atterrissage (*landing distance available – LDA*) 3570 m, altitude du seuil de piste 1411 ft.

1.8 Enregistreurs de bord

Au moment où l'incident grave a été signalé au SESA, les enregistrements des conversations de poste de pilotage (*cockpit voice recorder – CVR*) n'étaient plus disponibles. Compte tenu des éléments déjà à disposition pour les besoins de l'enquête, il n'a pas été nécessaire d'avoir recours aux enregistrements de données de vol (*flight data recorder – FDR*).

1.9 Essais et recherches

Sans objet

1.10 Renseignements en matière d'organisation et de gestion

1.10.1 Service de la navigation aérienne

1.10.1.1 Généralités

Issue de la société anonyme de droit privée Swisscontrol, la société Skyguide assure depuis le 1^{er} janvier 2001 le contrôle de la circulation aérienne dans l'espace

aérien suisse et les espaces aériens étrangers dont le contrôle a été délégué à la Suisse.

Les renseignements suivants – traduits de l'anglais – sont extraits ou si besoin résumés, des manuels de gestion de trafic aérien (*air traffic management manual* – ATMM) Switzerland et Geneva. Les références spécifiques sont indiquées en début de sous-chapitre.

1.10.1.2 Séparation réduite de piste

“ATMM Geneva TWR/APP, Section TWR, B.3.2 reduced RWY separation”

Classification des aéronefs

Le principe de séparation réduite de piste nécessite la classification des aéronefs en fonction de leur masse maximale au décollage certifiée (MMDC).

La catégorie d'aéronefs 1 est constituée des monomoteurs de MMDC inférieure à 2000 kg. La catégorie 2, des monomoteurs de MMDC comprise entre 2000 et 7000 kg et des bimoteurs de MMDC inférieure à 7000 kg. Tous les autres aéronefs font partie de la catégorie 3.

Applicabilité

En tenant compte des catégories définies ci-dessus, la séparation réduite de piste peut être mise en vigueur lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- a) pendant les heures comprises entre une heure après le début de l'aube civile et une heure avant la fin du crépuscule civil ;
- b) la séparation minimale appropriée de turbulence de sillage est appliquée ;
- c) la visibilité et le plafond sont supérieurs ou égaux respectivement à 5 km et 1000 ft ;
- d) la composante vent arrière ne dépasse pas 5 kt ;
- e) la séparation minimale entre deux aéronefs au départ est maintenue immédiatement après le décollage du deuxième aéronef ;
- f) une information de circulation est dispensée à l'équipage de conduite du deuxième aéronef ; et
- g) le frottement de surface n'est pas défavorablement affecté par des contaminants de piste tels que la glace, la neige fondante, l'eau, etc.

Atterrissage

Pour séparer de manière réduite un aéronef de catégorie 3 au décollage, d'un aéronef de la même catégorie en phase d'atterrissage, le contrôleur doit veiller à ce que, lorsque ce dernier survole le seuil de piste, l'aéronef qui décolle ait pris son envol et soit distant d'au moins 2400 m.

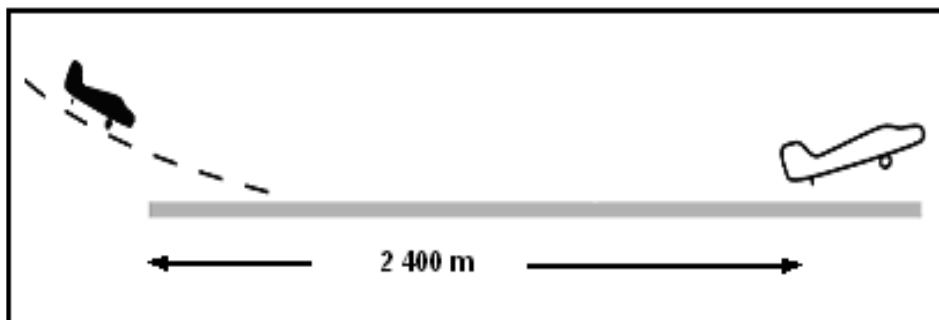


Fig. 2 : Séparation réduite d'avion de catégorie 3 au décollage et à l'atterrissage.

1.10.1.3 Alignements multiples

“ATMM Geneva TWR/APP, Section TWR, B.4.3 multiple line ups”

- Il ne faut pas donner une autorisation d'alignement à un aéronef si on lui demande ensuite d'attendre sur la piste plus de 90 secondes après l'instant où il était normalement supposé partir ;
- lorsqu'un aéronef s'aligne en début de piste 05, l'alignement d'un autre aéronef à partir d'une voie d'entrée de piste n'est pas permis, à l'exception de la voie de circulation F ;
- le contrôleur d'aérodrome doit avoir les deux aéronefs en vue.

1.10.1.4 Départs piste 05

“ATMM Geneva TWR/APP, Section TWR, C.4.1.1 alternate route 05”

Route de dégagement 05

(A éviter pour les aéronefs qui sont bruyants et/ou qui ont un faible taux de montée)

Si un départ 05 doit avoir lieu et si un risque de conflit existe avec le trafic précédent, ou avec un trafic à l'arrivée pour la piste 23, les limitations strictes de l'article 27 OSIA¹² permettent, si nécessaire, de dévier le trafic au départ :

- virage à gauche au-dessus du radiophare GVA (antibruit) ;
- cap entre 020° et 45° ;
- terrain : lorsque le cap donné à un aéronef l'amène à l'ouest de GLA¹³, la séparation avec le sol peut être assurée par l'instruction additionnelle, en plus du cap, d'« intercepter le QDM¹⁴ 040° VERS GLA » ;
- à partir de 4000 ft les altitudes minimales de guidage (*minimum vectoring altitude* – MVA) doivent être respectées ;
- en dessous de 4000 ft, en dessous du secteur de 4000 ft, le seul obstacle à prendre en considération est le Signal de Bougy, 036°, 18 MN, 2400 ft.

Cette route n'est pas conforme aux standards PANS-OPS¹⁵ et doit être attribuée seulement sous forme de montée visuelle : " *visual climb until passing 4000 ft* ", en tenant compte des MVA au-dessus de cette altitude.

1.10.1.5 Autorisation de décollage

“ATMM Switzerland, Aerodrome control, 4.9.3 take-off clearance”

Déterminer la position d'un aéronef avant d'émettre une autorisation de décollage. La position de l'aéronef peut être déterminée visuellement, au travers d'un compte rendu de l'équipage de conduite, ou au moyen de l'utilisation de l'affichage A-SMGCS¹⁶ *surveillance display* (ASD).

¹² OSIA : ordonnance sur l'infrastructure aéronautique.

¹³ Radiophare non directionnel GLA.

¹⁴ Route magnétique à suivre pour rejoindre le radiophare GLA.

¹⁵ Acronyme de « *air navigation services - aircraft operations* » - Procédures pour les services de navigation aériennes - Exploitation technique des aéronefs.

¹⁶ *Advanced surface movement guidance and control system*.

Ne pas autoriser un aéronef à décoller avant que l'avion précédent ait passé l'extrémité de la piste en service, ou ait débuté un virage, ou avant que tous les aéronefs précédents en phase d'atterrissage aient dégagé la piste en service (voir la figure 9-3).

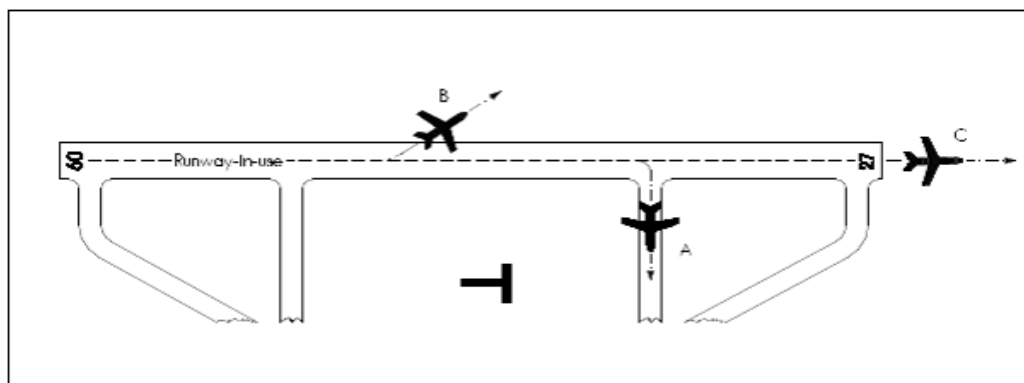


Fig. 3 : La figure 9-3 montre les positions à atteindre par un aéronef à l'atterrissage (A) ou au départ (B ou C) avant qu'un aéronef à l'arrivée puisse être autorisé à survoler le seuil de la piste en service, ou qu'un aéronef au départ puisse être autorisé à décoller.

1.10.1.6 Capacité de la piste en béton

“ATMM Geneva TWR/APP, section TWR, B.7.1.1 concrete runway capacity”

En principe, la capacité de la piste en béton conditionne la capacité d'aéroport. La capacité standard de la piste est de 40 mouvements par heure au maximum, arrivées et départs confondus. Ce volume permet la gestion des pointes de trafic à l'aéroport de Genève.

1.11 Renseignements supplémentaires

1.11.1 Système de surveillance de piste SAMAX

Le système de surveillance de piste SAMAX est un système perfectionné de guidage et de contrôle de la circulation de surface (*advanced surface movement guidance and control system – A-SMGCS*) qui fournit les moyens de guidage et de surveillance pour le contrôle des aéronefs et des véhicules au sol sur l'aire de mouvement de l'aéroport de Genève. En fonction de la capacité¹⁷ de piste demandée dans les différentes conditions de visibilité, il permet d'assurer la sécurité, l'ordre et la rapidité des mouvements aéroportuaires d'aéronefs et de véhicules, dans toutes les circonstances liées à la densité du trafic et à la complexité de la disposition générale de l'aéroport.

Ce système reçoit les informations de plusieurs types de capteurs, les traite avec son module de fusion et les affiche sur un système de visualisation dédié à cet effet. Il est constitué des trois principaux éléments suivants :

- le radar primaire de surface (*surface movement radar – SMR*) qui assure la détection des objets sur ou près du sol dans l'aire de l'aéroport et dans son environnement proche. Sa fonction est de présenter, indépendamment des conditions météorologiques, une image fiable et précise des objets au sol, mobiles et stationnaires, parmi lesquels les aéronefs et les véhicules terrestres évoluant sur les pistes, les voies de circulation, les aires de trafic et

¹⁷ Capacité des pistes : nombre de mouvements d'aéronefs qui, par détermination des autorités aéronautiques, peuvent être effectués sans danger, normalement exprimé par le nombre total d'atterrissages et de décollages effectués pendant une heure.

autres aires de manœuvre sur ou adjacentes à l'aéroport, sous des conditions de performance de système et service spécifiées ;

- le système radar multistatique (*multistatic dependent system* – MDS), composé de plusieurs récepteurs traitant les informations d'émetteurs situés à des positions différentes, permettant d'obtenir des données de positionnement des aéronefs et véhicules équipés de divers types de transpondeurs ;
- le système de traitement des données (*nova data processing system*) dont la fonction est de traiter toutes les données des SMR, MDS et d'autres sources extérieures, pour fournir au contrôleur de la circulation aérienne et à d'autres utilisateurs les fonctionnalités principales suivantes :
 - l'affichage du trafic sol ;
 - l'affichage de la carte de l'aéroport de Genève ;
 - le contrôle des barres d'arrêt et du balisage lumineux ;
 - la surveillance des incursions sur piste et des alarmes de conflits.

Les contrôleurs d'aérodrome utilisent le système de surveillance de piste SAMAX pour :

- surveiller les cibles sur une fenêtre de trafic principale contenant un affichage synthétique des indicateurs de symboles ;
- voir, sur l'image vidéo du radar primaire (SMR), les vols en phase d'approche avec leur distance ou le temps qu'il leur reste à parcourir jusqu'au seuil de piste ;
- être automatiquement avertis quant aux risques relatifs à une cible.

1.11.2 Filet de sauvegarde RIMCAS

L'aéroport de Genève est équipé du filet de sauvegarde RIMCAS qui, dans un volume constitué par la trajectoire d'approche et les aires de protection de la piste, détecte les situations de conflits possibles entre les aéronefs en vol, et les véhicules et aéronefs évoluant sur la piste et dans ses environs. Il fonctionne à l'aide d'informations fournies par le système SAMAX.

Lorsque les procédures d'exploitation par faible visibilité sont en vigueur, la zone protégée au sol comprend, en plus, les zones de protection CAT II/III et ses dimensions de part et d'autre de la ligne centrale de piste sont augmentées. Pour le cas des aéronefs en approche finale, deux alarmes de gravité croissante s'activent lorsque ces derniers passent à 80 secondes puis 40 secondes du seuil de piste et qu'un objet mobile pénètre dans la zone protégée au sol.

Par bonne visibilité, le système RIMCAS est basé cette fois sur le temps nécessaire pour aller au point de rapprochement maximal entre deux objets mobiles (*time to closest point of approach* – TCPA). Lorsque le temps mis pour franchir la distance oblique qui les sépare passe en dessous de valeurs seuils, des alertes sont émises.

Les alertes générées sont de trois types : celles qui impliquent un avion en approche « *arrival alerts* », celles relatives à un aéronef au départ « *departure alerts* » et enfin celles qui concernent les appareils venant d'atterrir « *alerts on landed a/c* ».

L'incident grave a généré une alerte du premier type. Dans ce cas, lorsqu'un rapprochement potentiellement dangereux est détecté, le système RIMCAS génère en temps voulu deux phases d'alerte aux positions de contrôle.

Pour la piste 05, la phase 1 devient active lorsqu'un avion en approche est à 30 secondes de vol du seuil. Elle est informative et signale une situation potentiellement dangereuse sur la piste, par l'illumination en orange des étiquettes radar des aéronefs ou véhicules en rapprochement.

A 15 secondes de vol du seuil, si cette situation persiste, la phase 2 devient active et constitue un état d'alarme indiquant une situation critique pouvant nécessiter une action corrective immédiate. Les étiquettes radar s'illuminent alors en rouge et l'alarme parlée « RIMCAS » est émise. Pour cette phase proche du seuil de piste, le déclenchement de l'alarme dépend aussi de la distance au point de rapprochement maximal, en considérant la distance observée entre les avions en rapprochement, son taux de variation et le taux de variation de ce dernier.

1.11.2.1 Alertes RIMCAS émises lors de l'incident grave

A 15:43:27 UTC, alors que THY1QM était en approche à 30 secondes du seuil de piste 05 et AUA582W débutait son décollage, le système RIMCAS a émis une alerte de phase 1 (orange). Quinze secondes plus tard, à 15:43:42 UTC, l'alerte est passée en phase 2 (rouge). THY1QM était à 200 ft de hauteur et distant de 1215 m de AUA582W, alors en phase de roulement au décollage.



Fig. 4 : Alerte RIMCAS de phase 1 (orange).



Fig. 5 : Alerte RIMCAS de phase 2 (rouge).

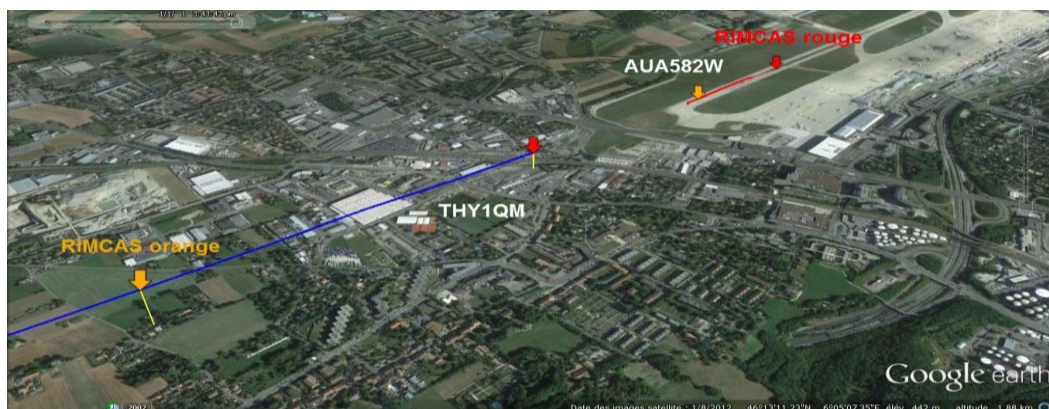


Fig. 6 : Alertes RIMCAS émises lors de l'incident grave.

1.11.2.2 Procédures opérationnelles relatives au filet de sauvegarde RIMCAS

Depuis leur mise en service les systèmes SMGCS¹⁸ et RIMCAS font l'objet de deux modules d'enseignement (SMGCS niveau 1 et niveau 2) inclus dans la formation des contrôleurs TWR/APP. Pour les contrôleurs licenciés avant cette date, ils sont introduits à l'occasion des cours périodiques de rafraîchissement de compétences. Il est notamment spécifié dans le module de niveau 2 que le système RIMCAS constitue une aide à la détection des conflits mais en aucun cas un moyen de les résoudre ou d'y apporter des solutions : le contrôleur doit veiller au respect des distances de séparation entre les aéronefs.

Les contrôleurs disposent d'un manuel d'utilisation du système SAMAX (*SAMAX user manual*) dans lequel un chapitre est dédié à la description des principes de base du système RIMCAS, dont les différents types et phases d'alertes qu'il génère.

Les mesures à prendre en cas de déclenchement de ces alarmes ne font pas l'objet de procédures spécifiques ni d'attention particulière lors des entraînements réguliers aux situations d'urgence.

1.11.3 Dynamique du rapprochement

A 15:43:04 UTC, AUA582W est autorisé à décoller (début du message radiotéléphonique), il se met en mouvement à 15:43:20 UTC et prend son envol 40 secondes plus tard, à 15:44:00 UTC. La course au décollage a été de 1660 m.

A 15:43:27 UTC, lorsque le système RIMCAS émet l'alerte de phase 1 (orange), THY1QM se trouve à 1.1 NM du seuil de piste à la vitesse sol de 147 kt. AUA582W vient de débiter son décollage, est à la vitesse sol de 20 kt et a parcouru la distance de 55 m.

A 15:43:42 UTC, le système RIMCAS émet l'alerte de phase 2 (rouge). THY1QM est à la hauteur de 200 ft, à 0.5 NM du seuil et à 1215 m d'AUA582W, qui passe au travers de la voie de circulation F à la vitesse sol de 85 kt.

A 15:43:56 UTC, THY1QM survole le seuil de piste 05 et se trouve à 1206 m de AUA582W. Les avions ont la même vitesse sol de 134 kt et, à partir de cet instant, la distance de l'un à l'autre augmente.

L'équipage de conduite de THY1QM a réduit sa vitesse indiquée, conformément aux instructions du contrôleur.

¹⁸ SMGCS: *surface movement guidance and control system*.

1.11.4 Exemples de pertes de séparation similaires

Au cours de l'enquête, trois cas de perte de séparation sur la piste de l'aéroport de Genève similaires à celui qui est traité dans ce rapport, ont fait l'objet de rapports d'incident (*air traffic incident report* – ATIR).

Cas 1. Incident du 30 juin 2014	Piste 05	Indicatifs d'appel et types d'avions impliqués DW468/SB20 DW471/SB20
Le 30 juin 2014 à 12:28 UTC, un rapprochement dangereux a eu lieu entre deux Saab 2000 sur la piste 05. Alors qu'il passait au-dessus du seuil pour atterrir, DWT471 était à 1227 m de DWT468 qui roulait au décollage. Le système RIMCAS a généré une alerte de phase 1 (orange).		
Cas 2. Incident du 18 août 2014	Piste 23	Indicatifs d'appel et types d'avions impliqués AHO748Y/C525 AFR1642/A321
Le 18 août 2014 à 07:58 UTC, une perte de séparation a eu lieu sur la piste 23 entre un Airbus A321 en approche finale et un Cessna C525 en phase de roulement à l'atterrissage. Alors qu'AFR1642 passait au-dessus du seuil de piste AHO748Y s'engageait sur la voie de sortie rapide. Le système RIMCAS a généré des alertes de phase 1 (orange) et 2 (rouge).		
Cas 3. Incident du 20 février 2015	Piste 23	Indicatifs d'appel et types d'avions impliqués MSR771/B738 EZS82CF/A320
Le 20 février 2015 à 12:13 UTC, une perte de séparation a eu lieu sur la piste 23 entre un Boeing B738 en approche finale et un A320 qui roulait au décollage. Alors qu'il passait au-dessus du seuil de piste, MSR771 s'est trouvé à 1237 m de EZS82CF. Le système RIMCAS n'a pas généré d'alerte.		

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

2.1.1 Alarme de phase 1 du système RIMCAS

Lorsque les procédures d'exploitation par faible visibilité ne sont pas en vigueur, l'alerte visuelle RIMCAS de phase 1 (orange) est conçue pour s'activer lorsqu'un avion en approche à 30 secondes du seuil de piste devient l'acteur d'un rapprochement potentiellement dangereux avec un aéronef ou un véhicule se trouvant sur la piste. Dans l'incident grave en question, le rapprochement calculé n'était jamais virtuel, car la distance entre les deux avions au moment du survol du seuil de piste par THY1QM ne pouvait être qu'inférieure à la distance minimale prescrite de 2400 m.

Au moment du déclenchement de l'alarme orange, AUA582W venait de débiter son décollage et avait une vitesse sol de 20 kt. Avec une course au décollage de 1660 m, d'une durée de 40 secondes, il n'était pas possible que 30 secondes plus tard, alors qu'il survolait le seuil de piste, THY1QM ait pu se trouver à 2400 m ou plus de AUA582W.

Les vitesses de l'avion en approche et les performances de l'appareil au décollage sont caractéristiques de la plupart des avions de ligne de catégorie 3. Se pose alors la question de l'utilité d'une alarme « orange » indiquant une gravité identique à celle signalée par l'alarme « rouge », mais dont la manifestation n'est que visuelle.

Cette particularité s'explique par le fait que le système RIMCAS est mieux adapté pour générer des alarmes conditionnées aux procédures d'exploitation par faible visibilité. Le trafic aérien est alors soumis à des séparations plus élevées et le contrôleur d'aérodrome le gère sur son écran radar SAMAX. Il n'est plus possible dans ces conditions d'intégrer au dernier moment un avion dans une séquence d'arrivées et de départs réglée par une distance minimale de 8 NM entre chaque avion. Dès lors, les alarmes RIMCAS ne sont en principe déclenchées que par des incursions sur piste. Devant son écran radar, le contrôleur voit l'alerte de phase 1 et le préavis de 80 secondes est, dans ce contexte, suffisant pour qu'il solutionne le problème.

D'autre part, l'alarme de phase 1 n'est pas parlée et ne peut pas avertir le contrôleur lorsqu'il gère son trafic en regardant à l'extérieur. Si elle était signalée vocalement, elle rappellerait que l'avion en approche se trouve à 30 secondes du seuil de piste et constituerait un repère efficace pour la prise de décision.

2.1.2 Alertes du système RIMCAS

Dans les trois cas de perte de séparation sur piste rapportés au chapitre 1.11.4, les alarmes RIMCAS émises ont été différentes, alors qu'à chaque fois les distances entre les avions en situation de rapprochement dangereux étaient inférieures à 2400 m. Le premier cas a donné lieu à une alerte de phase 1 uniquement, le deuxième à la même séquence d'alarmes que celle de l'incident grave en question et le dernier, enfin, n'a donné lieu à aucune alerte.

Cette disparité s'explique par le fait que le système RIMCAS est basé sur le temps TCPA, qui dépend du rapport de la distance entre les deux avions avec leur vitesse relative et non pas uniquement de leur espacement. En conditions d'application de séparation réduite, le contrôleur doit s'assurer qu'un trafic à l'arrivée est séparé de 2400 m d'un trafic au départ. Il se réfère donc à une distance alors que le système RIMCAS fonctionne sur une base temporelle. Comme l'attestent la situation de rapprochement dangereux qui fait l'objet de ce rapport ainsi que celles mentionnées ci-dessus, l'imminence d'une inévitable perte de séparation n'est pas forcément signalée, voire correctement signalée par une alerte RIMCAS.

Cette particularité peut être perçue par les contrôleurs comme un manque d'efficacité du système.

2.2 Facteurs humains et opérationnels

2.2.1 Aspects relatifs au contrôle aérien

2.2.1.1 Le contrôleur d'aérodrome

Le contrôleur d'aérodrome a décidé d'intercaler le PC12 entre le Falcon F7X et AUA582W après avoir constaté tardivement que les classes de turbulence de sillage des avions s'y prêtaient. Sans avoir rien planifié, il a vu là l'occasion de gagner du temps et de réduire l'attente du PC12. Les prescriptions de contrôle suivantes (voir chapitre 1.10.1.3) n'ont pas été respectées :

- l'alignement à partir de la voie de circulation Z n'était pas permis en raison de la présence de AUA582W en début de piste 05 ;
- la limite des 90 secondes qui conditionne, entre autres, la délivrance d'une autorisation d'alignement a été dépassée.

Le point de départ de l'incident grave a été la décision d'introduire un PC12 relativement lent dans la phase finale d'une séquence d'arrivée et de départ de deux biréacteurs de catégorie 3. En demandant au PC12 de prendre sa meilleure vitesse ascensionnelle alors qu'il ne voulait le guider à gauche qu'après le passage du VOR de GVA, le contrôleur a retardé le moment où il pouvait autoriser le décollage de AUA582W.

Dans le stress occasionné par le rapprochement dangereux de THY1QM et AUA582W, le contrôleur a perçu le déplacement relatif des avions de manière erronée puisqu'il a pensé que la séparation était en train de se rétablir lorsque l'alerte RIMCAS de phase 2 s'est déclenchée. La différence des vitesses sol était alors encore de 55 kt ; ce n'est que 14 secondes plus tard que le rapprochement dangereux a pris fin.

2.2.1.2 Procédures RIMCAS

Le système RIMCAS est basé sur le même concept du temps que mettra un avion pour parcourir la distance au point de rapprochement maximal que les systèmes anticollisions embarqués. Néanmoins, contrairement à ces derniers, il ne donne pas d'indication sur la manière d'assurer la séparation entre deux objets mobiles en phase de rapprochement dangereux.

Même s'il est spécifié aux contrôleurs que le système RIMCAS ne constitue qu'une aide à la détection des rapprochements potentiellement dangereux, il ressort de l'enquête que s'il était spécifiquement paramétré pour les conditions autres que celles de faible visibilité, ce filet de sauvegarde présenterait une meilleure efficacité. Des mesures à prendre face à des alertes RIMCAS correctement calibrées pourraient alors être élaborées. Dans le cas de l'incident grave en question, une alarme de phase 1 parlée aurait en effet attiré l'attention du contrôleur sur le fait qu'une porte avait été franchie.

2.2.2 Aspects relatifs à la conduite du vol

2.2.2.1 Equipage de conduite du vol THY1QM

L'équipage de conduite du vol THY1QM a suivi promptement les instructions de réductions de vitesse demandées par le contrôleur.

2.2.3 Mise en danger potentielle

Les dangers potentiels inhérents à un tel incident viennent de la distance désormais insuffisante entre les deux avions. Si l'équipage de conduite de l'avion se trouvant en approche finale constate qu'un avion est toujours sur la piste, il peut décider de remettre les gaz et entrer alors en conflit avec l'appareil en phase de décollage. Si au contraire il décide d'atterrir et que l'avion se trouvant sur la piste interrompt son décollage, le rapprochement peut devenir très critique.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- La phase d'alerte 1 du système RIMCAS est informative et n'émet qu'une alarme visuelle.

3.1.2 Equipages de conduite

- Les pilotes des vols THY1QM et AUA582W détenaient les licences et qualifications nécessaires pour la conduite du vol, conformément aux règlements en vigueur.

3.1.3 Contrôle aérien

- Les contrôleurs de la circulation aérienne impliqués dans cet incident grave détenaient les licences et qualifications conformes aux règlements en vigueur.
- La charge de travail était moyenne.

3.1.4 Déroulement de l'incident grave

- A 15:40:23 UTC, le contrôleur d'aérodrome autorise AUA582W à s'aligner et à attendre en début de piste 05 derrière un Falcon F7X en phase de départ.
- A 15:41:36 UTC, alors qu'il s'engage sur la piste 05 depuis la voie de circulation Z, le PC12, immatriculé LX-JFH, est autorisé à décoller.
- A 15:43:04 UTC, c'est-à-dire 2 minutes 41 secondes après l'autorisation d'alignement, le contrôleur autorise AUA582W à décoller.
- A 15:43:27 UTC, le filet de sauvegarde RIMCAS signale un rapprochement potentiellement dangereux sur la piste entre THY1QM et AUA582W. Occupé à regarder à l'extérieur pour gérer son trafic, le contrôleur ne remarque pas l'alerte.
- A 15:43:42 UTC, le système RIMCAS émet l'alarme parlée « RIMCAS » indiquant que le rapprochement entre THY1QM et AUA582W devient critique. THY1QM se trouve à la hauteur de 200 ft, à 0,5 NM du seuil et à 1215 m de AUA582W en cours de décollage.
- Face à l'alarme, le contrôleur choisit de ne pas intervenir et autorise THY1QM à atterrir.
- A 15:43:56 UTC, THY1QM survole le seuil de piste 05 et se trouve à 1206 m de AUA582W.
- A 15:44:00 UTC, AUA582W prend son envol et THY1QM atterrit trois secondes plus tard.

3.1.5 Cadre environnemental

- Les conditions opérationnelles permettaient d'appliquer la séparation réduite sur la piste en service 05.

3.2 Causes

L'incident grave est dû au rapprochement dangereux entre un avion au décollage et un avion en phase d'atterrissage, sur la piste béton 05, en raison de l'intégration inappropriée d'un départ au niveau de la voie de circulation Z.

L'enquête a identifié le facteur suivant jouant un rôle systémique dans l'incident grave :

- paramétrage du système RIMCAS (*runway incursion monitoring and conflict alert sub-system*).

4 **Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'incident grave**

Recommandations de sécurité

Selon l'Annexe 13 de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et l'article 17 du règlement (UE) n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile et abrogeant la directive 94/56/CE, toutes les recommandations de sécurité formulées dans le présent rapport sont adressées aux autorités de surveillance de l'État concerné, qui peuvent choisir de les appliquer en tout ou partie. Cependant toutes les organisations, entreprises et personnes sont invitées à améliorer la sécurité aérienne conformément aux objectifs poursuivis par les recommandations de sécurité.

Concernant les recommandations de sécurité, la législation suisse prévoit dans l'ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports (OEIT) la réglementation suivante :

« *Art. 48 Recommandations en matière de sécurité*

¹ *Le SESE adresse les recommandations en matière de sécurité à l'office fédéral compétent et en informe le département compétent. En cas de problèmes de sécurité urgents, il informe immédiatement le département compétent. Il peut donner son avis sur les rapports de mise en oeuvre de l'office fédéral à l'attention du département compétent.*

² *Les offices fédéraux informent périodiquement le SESE et le département compétent de la mise en oeuvre des recommandations ou des raisons pour lesquelles ils ont renoncé aux mesures.*

³ *Le département compétent peut adresser des mandats de mise en oeuvre à l'office fédéral compétent. »*

Le SESE publie les réponses de l'office fédéral compétent ou des autorités de surveillance étrangères sur son site (www.sust.admin.ch), offrant de la sorte un aperçu quant au degré de mise en oeuvre de la recommandation de sécurité correspondante.

Avis concernant la sécurité

Le SESE peut publier des avis concernant la sécurité en réaction à des déficits de sécurité constatés lors de l'enquête. Des avis concernant la sécurité sont formulés lorsqu'une recommandation de sécurité au sens du règlement (UE) n° 996/2010 semble inadéquate, n'est formellement pas possible ou lorsque la forme moins contraignante de l'avis concernant la sécurité aura vraisemblablement plus d'impact. Les avis concernant la sécurité du SESE se fondent juridiquement sur l'article 56 OEIT :

« *Art. 56 Informations pour la prévention des accidents*

Le SESE peut préparer et publier des informations générales utiles pour la prévention des accidents. »

4.1 Recommandations de sécurité

4.1.1 Système RIMCAS

4.1.1.1 Déficit de sécurité

Un Boeing 737-800 effectuée par beau temps une approche visuelle vers la piste 05 de l'aéroport de Genève. Alors qu'il est en finale à 7.5 NM du seuil de piste décalé, le contrôleur d'aérodrome aligne et fait attendre un Fokker 100 en début

de piste. Pour accélérer la cadence du trafic, il fait partir auparavant un PC12 de la voie circulation Z, mais attend que ce dernier s'éloigne suffisamment avant d'autoriser le Fokker 100 au décollage. Le filet de sauvegarde de piste (*runway incursion monitoring and conflict alert sub-system* – RIMCAS) signale le rapprochement imminent du Boeing 737-800 et du Fokker 100 sur la piste, au moyen d'une alarme « orange » dont la gravité est en fait identique à celle d'une alarme « rouge » mais dont la manifestation n'est que visuelle. Occupé à regarder à l'extérieur pour gérer son trafic, le contrôleur ne remarque pas l'alerte.

Quinze secondes plus tard, les étiquettes radar deviennent rouges et l'alarme parlée « RIMCAS » est émise, indiquant que le rapprochement devient critique et qu'une action corrective immédiate doit être considérée.

Face à l'alarme, le contrôleur estime qu'une remise de gaz est inappropriée et autorise l'avion en approche à atterrir. Lorsque ce dernier survole le seuil de piste décalé 05, il se trouve à 1206 m de l'avion en phase de décollage alors que la distance minimale prescrite est de 2400 m.

4.1.1.2 Recommandation de sécurité n° 508

L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) devrait veiller à ce que le paramétrage du système RIMCAS (*runway incursion monitoring and conflict alert sub-system*) soit reconsidéré afin que le filet de sauvegarde soit efficace pour les conditions météorologiques autres que celles de faible visibilité.

4.2 Avis concernant la sécurité

Aucun

4.3 Mesures prises après l'incident grave

Aucune

Payerne, 5 décembre 2016

Bureau d'enquête du SESE

Ce rapport final a été approuvé par la commission du Service suisse d'enquête de sécurité SESE (art. 10 lit. h de l'Ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports du 17 décembre 2014).

Berne, 1^{er} décembre 2016