

Perturbation du signal ILS lors de l'approche, déclenchement de la protection « ALPHA FLOOR » lors de l'approche interrompue

Aéronef	Avion Airbus A320 immatriculé F-GJVA
Date et heure	28 mars 2012 vers 18 h 20 ⁽¹⁾
Exploitant	Air France
Lieu	Aérodrome de Hambourg (Allemagne)
Nature du vol	Transport public
Personnes à bord	Commandant de bord (PF) ; copilote (PNF)
Conséquences et dommages	Aucun

⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC).

⁽²⁾Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : l'organisme en charge des enquêtes du pays d'occurrence, le BFU⁽²⁾, a délégué l'enquête au BEA. Les éléments suivants sont issus de données enregistrées dans le QAR, de données ATC ainsi que de témoignages. L'enregistrement phonique de l'événement (CVR) n'est pas disponible.

L'équipage effectue un vol entre Paris Charles de Gaulle (95) et Hambourg.

Peu avant l'arrivée de l'avion, la configuration de l'aérodrome change en raison d'une modification de la direction du vent : les atterrissages s'effectuent en piste 23 et les décollages en piste 33, au lieu d'une utilisation de la seule piste 33.

L'équipage est guidé au radar puis autorisé pour une approche ILS CAT I en piste 23. Il est en contact radio avec le contrôleur d'approche. Le F-GJVA est le deuxième avion à atterrir en piste 23 depuis le changement de configuration.

Lors du virage avant l'interception de l'axe du localiser, 40 secondes avant l'engagement du mode de capture du localiser LOC*, le PF désengage le pilote automatique (AP) et l'auto-poussée (A/THR). Les directeurs de vol (FD) sont affichés. L'équipage indique qu'à ce moment il ne voit pas la piste.

Le PNF informe le PF qu'il y a 50 kt de vent de travers en approche. Le PF décide d'effectuer l'atterrissage en configuration becs/volets 3 au lieu de la configuration becs/volets FULL initialement prévue. Après l'interception du GS (Glide Slope), le PNF reprogramme le FMGS et le GPWS en conséquence⁽³⁾.

Alors que l'avion est à environ 9 NM du seuil de piste, le mode de capture du plan de descente GS* apparaît au FMA et l'équipage valide le point de début de descente à l'aide du DME ALF (point ❶ de la figure 2).

Au sol, l'équipage d'un Boeing 737 ayant atterri sur la piste 33 est autorisé dans un premier temps à traverser la piste 23. Il est ensuite arrêté sur la voie de circulation D par le contrôleur Tour car un autre avion se présente en courte finale pour la piste 23⁽⁴⁾. Le B737 s'immobilise au point d'arrêt de la piste 23, situé à l'intérieur de la zone critique du glide de cette piste. N'ayant pas encore l'équipage du F-GJVA en fréquence lors de la pénétration de la zone critique, le contrôleur Tour ne peut pas l'informer directement de possibles perturbations du signal ILS. Il ne prévient pas le contrôleur approche de la situation.

⁽³⁾Il s'agit de sélectionner CONF 3 au MCDU en page PERF et de sélectionner le mode FLAP 3 du GPWS sur le panneau supérieur.

⁽⁴⁾L'enquête n'a pas permis de déterminer si ce message a été émis avant ou après la pénétration du B737 dans la zone critique.

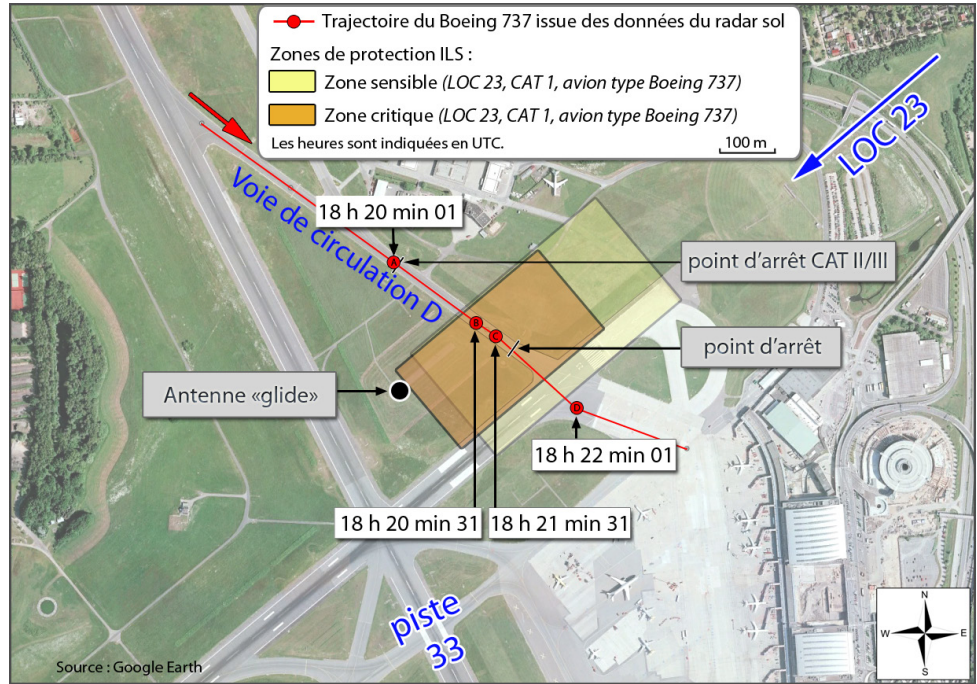


Figure 1 : trajectoire du B737 et zones de protection du glide pour un B737

Dès l'entrée du B737 dans la zone critique, l'information du glide affichée sur le PFD du F-GJVA est perturbée.

Au point 2 de la figure 2, la déviation du glide présentée à l'équipage indique que l'avion est légèrement en dessous du plan. L'avion est situé en fait au-dessus du plan. L'équipage ne s'en aperçoit pas.

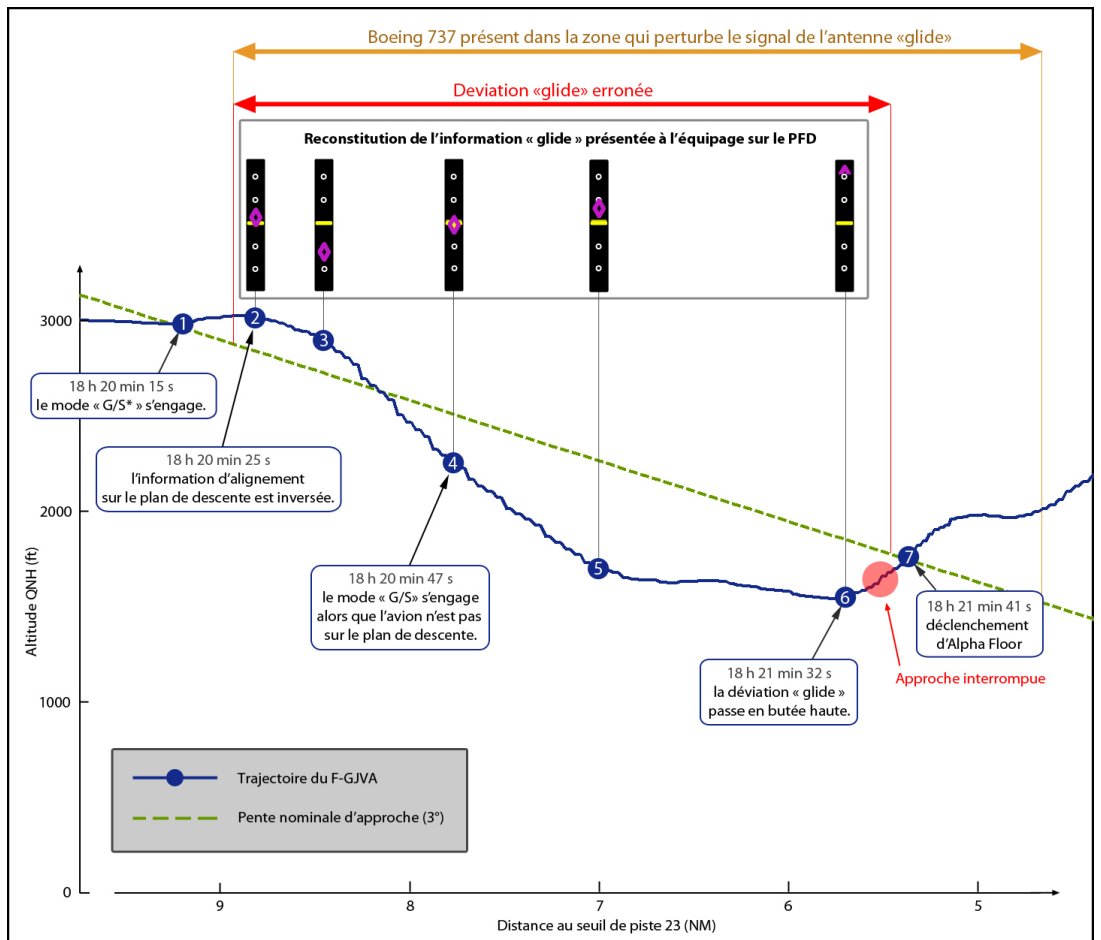


Figure 2 : trajectographie dans le plan vertical

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.

⁽⁵⁾A cet instant, la vitesse sol de l'avion est proche de 165 kt donc la vitesse verticale correspondant à un plan de descente de 3° est d'environ - 900 ft/min.

⁽⁶⁾Les valeurs de la déviation restent inférieures aux valeurs attendues.

⁽⁷⁾L'altitude du terrain est de 53 ft.

⁽⁸⁾Vapp (CONF 3) = 142 kt.

Pendant les trente secondes suivantes, l'information de déviation du glide présentée à l'équipage fluctue et indique que l'aéronef est au-dessus du plan (point ③). En réaction à ces informations, le PF effectue des actions à piquer et réduit la poussée. La vitesse verticale maximale atteint - 2 900 ft/min⁽⁵⁾. Le mode « GS » s'engage lorsque la déviation « glide » est proche de 0 (point ④). L'avion est alors 250 ft en dessous du plan et s'en éloigne.

Le sens de la déviation « glide » s'inverse, indiquant à l'équipage que l'aéronef est sous le plan⁽⁶⁾ (point ⑤). L'équipage stabilise l'altitude à environ 1 600 ft QNH⁽⁷⁾, sort le train d'atterrissage puis sélectionne la configuration becs/volets 3.

La déviation du glide passe en butée haute (point ⑥). Le PF applique des actions à cabrer. A cet instant le régime des moteurs est au ralenti, l'A/THR restant désengagée et les manettes de commande de poussée sur le cran IDLE. L'avion commence à monter et la vitesse est de 151 kt en diminution.

Le copilote, PNF, suggère d'interrompre l'approche, ce que le PF accepte. Le PF interrompt l'approche, maintient un ordre à cabrer en demi butée, sans action sur les manettes de poussée.

L'alarme « SPEED, SPEED, SPEED » se déclenche alors que la vitesse est de 143 kt⁽⁸⁾. Les manettes de commande de poussée sont ensuite progressivement avancées vers la position MCT. Pendant ce temps, la protection haute incidence et ALPHA FLOOR s'active (point ⑦). L'A/THR s'engage automatiquement et la poussée passe en TOGA. Les indications « A.FLOOR » puis « TOGA.LK » s'affichent au FMA. Simultanément à un nouvel ordre à cabrer, l'assiette passe de 15° à 22°. La vitesse est alors de 121 kt.

Le PF donne ensuite des ordres à piquer. L'assiette et l'incidence diminuent. L'équipage sélectionne la configuration becs/volets 2 et, quelques secondes plus tard, rentre le train d'atterrissage. Alors que l'avion atteint l'altitude d'approche interrompue de 4 000 ft, l'équipage désengage l'A/THR. Il effectue une nouvelle approche pour la piste 33, sans autre incident.

Il indique au contrôleur d'approche qu'il a rencontré des problèmes avec l'ILS lors de la finale en piste 23 et demande s'il n'y a pas eu d'autre rapport d'incident. Ce dernier lui répond par la négative.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Protection du signal ILS

Le supplément C du volume I de l'Annexe 10 à la convention relative à l'aviation civile internationale définit des zones de protection du signal ILS :

- « • La **zone critique** ILS est une zone de dimensions définies qui entoure les antennes des radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente et dans laquelle l'accès des véhicules et notamment des aéronefs est interdit durant toutes les opérations ILS. La zone critique est protégée parce que la présence de véhicules et/ou d'aéronefs à l'intérieur de ses limites perturberait de façon inacceptable le signal électromagnétique ILS.
- La **zone sensible** est une zone qui s'étend au-delà de la zone critique. La protection des zones sensibles nécessite l'élaboration de procédures opérationnelles. Il peut être nécessaire d'interdire la circulation de tous les véhicules ou de certains d'entre eux, selon le risque de perturbation et la catégorie d'exploitation. »

Par ailleurs, l'Annexe 14 à cette même convention précise que l'emplacement d'un point d'arrêt sera tel qu'un aéronef ou un véhicule en attente n'empiétera pas sur la zone critique/sensible ILS, ni ne gênera le fonctionnement des aides de radionavigation.

Sur l'aérodrome de Hambourg, un point d'arrêt de la piste 23, situé sur la voie de circulation D, se trouve dans la zone critique du glide de la piste 23. Le point d'arrêt CAT II/CAT III est situé en dehors de cette zone (voir figure 1).

Les procédures du service de la navigation aérienne de Hambourg applicables pour les approches ILS indiquent que les zones critiques doivent systématiquement être maintenues dégagées lors de toute approche ILS. Une autorisation d'approche ILS ne peut être accordée que si les zones critiques du glide et du localiser concernées sont dégagées. Elles précisent que si la zone critique du glide n'est pas dégagée, seule l'utilisation du LOC est possible, en s'assurant au préalable qu'une coordination appropriée a été effectuée entre le contrôleur Tour et le contrôleur d'Approche pour vérifier qu'aucune autorisation d'utilisation du glide n'a été donnée.

2.2 Témoignage des contrôleurs

Le contrôleur Tour indique qu'il voulait faire traverser le B737 avant les atterrissages en piste 23. L'équipage ayant roulé très lentement, il a estimé que la traversée de la piste n'était plus possible et lui a demandé de s'arrêter. Il a ensuite essayé en vain de contacter l'équipage du F-GJVA pour lui indiquer de possibles perturbations du signal ILS. Il indique qu'il a alors demandé au contrôleur d'approche de lui transférer cet avion, sans lui mentionner la présence d'un avion dans la zone critique.

Selon lui, lorsqu'un avion est en attente au point d'arrêt de la piste 23 et que les conditions météorologiques sont bonnes, la procédure permet de simplement informer les équipages en approche de possibles interférences du signal ILS et de leur proposer de poursuivre à vue. Il indique que les conditions au moment de l'incident permettaient ce type d'approche.

A sa connaissance, l'arrêt d'un avion au point d'arrêt de la piste 23 n'a jamais entraîné de perturbation du signal de l'ILS.

Le contrôleur approche n'a pas pu être interviewé au cours de l'enquête.

2.3 Annonces d'écart

Le constructeur définit, dans la procédure pour une approche de précision, les annonces d'écarts de vitesse, d'assiette, d'inclinaison, de vitesse verticale et de déviation du localiser et du glide. Sont annoncés, entre autres :

- *une vitesse inférieure à 5 kt ou supérieure à 10 kt par rapport à la vitesse cible ;*
- *une assiette inférieure à -2.5° ou supérieure à 10° ;*
- *un taux de descente supérieur à 1 000 ft/min ;*
- *une déviation du localiser ou du glide supérieure à : 1/4 de point (LOC); 1 point (GS). »*

Note : ces valeurs ont été modifiées depuis. Une déviation supérieure à ½ point du localiser ou du glide doit être annoncée.

L'exploitant définit, dans le GENOPS, les annonces d'écart de vitesse, d'assiette, d'inclinaison et de vitesse verticale en précisant que les écarts de vitesse verticale sont annoncés en dessous d'une hauteur de 1 000 ft. Les procédures normales sur Airbus A320 prévoient que les écarts ILS soient annoncés en dessous d'une hauteur de 500 ft.

Note : la documentation de l'exploitant a été modifiée depuis. Il n'y est notamment plus spécifié de hauteur en dessous de laquelle les annonces doivent être faites.

2.4 Utilisation des automatismes

Le choix du PF d'effectuer l'approche en manuel a réduit sa disponibilité, en mobilisant une partie des ressources habituellement dédiées à la surveillance des paramètres.

L'exploitant a depuis changé ses méthodes de travail notamment en incitant les équipages à favoriser l'utilisation des automatismes.

2.5 Procédure d'approche interrompue

L'un ou l'autre des deux membres d'équipage peut annoncer « *remise de gaz* ». Le PF doit simultanément positionner les manettes de poussée dans le cran TOGA et commencer la rotation vers une assiette de 15° puis suivre la barre de tendance horizontale du directeur de vol. Il annonce les modes affichés au FMA. Le PNF annonce « *vario positif* » puis rentre le train d'atterrissage sur demande du PF et annonce les écarts éventuels.

2.6 Témoignage de l'équipage

Après l'interception du glide, le PF a fait mention au PNF d'un problème avec les indications du glide car il ne les comprenait pas en raison d'une vitesse verticale de l'avion incohérente. Il a décidé de poursuivre l'approche jusqu'aux nuages situés à 1 500 ft.

Le PNF n'a pas détecté d'anomalie lorsque le PF lui a indiqué le problème. Pendant la descente finale, peu après l'interception du GS, il a programmé le FMGS et le GPWS en vue d'un atterrissage en configuration 3. Il n'a pas identifié les écarts d'assiette et de vitesse verticale. En revanche, lorsque l'indication « *glide* » est passée en butée, il a proposé l'interruption de l'approche.

Le PF indique qu'il a accepté d'interrompre l'approche et qu'il a affiché l'assiette puis, un peu plus tard, la poussée. Il a alors entendu l'alarme « *SPEED, SPEED, SPEED* » puis vu les indications « *A.FLOOR* » et « *TOGA.LK* ». Il a donné des ordres à piquer car il a pensé que l'assiette était trop forte.

Le PNF n'a pas remarqué que le PF n'avait pas affiché la poussée TOGA et s'est focalisé sur la surveillance de la vitesse.

L'équipage précise qu'il y avait une couche nuageuse à 1 500 ft ne permettant pas de voir la piste.

2.7 Conditions météorologiques

L'événement s'est déroulé au moment du crépuscule. Les conditions météorologiques étaient les suivantes : vent du 280° pour 14 kt, visibilité 7 000 m, FEW à 1 200 ft.

2.8 Contrôles de cohérence des déviations « glide » effectués par les systèmes avion

Les systèmes de l'avion vérifient la cohérence entre eux des signaux « glide » des deux récepteurs ILS. Il n'y a pas de vérification de la cohérence entre la valeur de ces signaux et la position de l'avion par rapport au plan de descente publié à l'aide des autres informations disponibles (DME, altitude, ou autres).

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Protection de la zone critique

Le positionnement d'un point d'arrêt à l'intérieur de la zone critique n'est pas conforme aux recommandations OACI.

Le témoignage du contrôleur indique qu'il a pu s'accoutumer à la présence d'avions dans la zone critique. Ceci a pu progressivement altérer sa conscience du risque et valider implicitement une certaine tolérance, ou dérive, dans l'application des consignes. L'enquête n'a pas permis d'approfondir les aspects liés à la formation des contrôleurs et les aspects systémiques relatifs au contrôle aérien à Hambourg.

3.2 Surveillance des paramètres

L'équipage du F-GJVA a fait le choix d'une part de désengager l'AP et l'A/THR et d'autre part de modifier la configuration de l'avion pour effectuer l'approche finale dans de meilleures conditions compte tenu du vent annoncé (configuration « Full » vers « 3 »).

Ce faisant, il ne disposait probablement plus des ressources nécessaires pour analyser l'incohérence de certains paramètres avec une approche ILS. Le PF n'a ainsi pas été en mesure de suivre simultanément les indications du FD et de comprendre l'évolution anormale de la vitesse verticale. Le PNF, occupé par la reprogrammation des systèmes de l'avion, n'a pas détecté ces écarts et ne les a pas annoncés au PF. Seule l'inversion soudaine du signal GS vers 1 600 ft a provoqué la décision de remise des gaz.

A la suite de cet incident, Air France a émis un flash SV relatif aux bonnes pratiques lors d'une approche ILS, rappelant les points clés suivants :

- « • *Evaluer un cap et un vario moyens,*
- *Valider le Loc et le Glide à la capture et pendant leur suivi jusqu'à l'atterrissage,*
- *Surveiller les paramètres primaires (assiette/poussée et cap/vario),*
- *En cas de doute, remise de gaz : assiette/poussée. »*

3.3 Approche interrompue

Une prise d'assiette excessive et l'augmentation tardive et progressive de la poussée, sans positionnement des manettes dans le cran TOGA, n'ont pas permis l'engagement du mode de remise de gaz et l'affichage des ordres de guidage correspondants sur le FD. Elles ont entraîné ensuite le déclenchement de la protection haute incidence et ALPHA FLOOR.

La problématique de la maîtrise des trajectoires et des procédures de remise de gaz, qui peut conduire à des pertes de contrôle ou au déclenchement de ces protections, a fait l'objet de plusieurs enquêtes du BEA et de l'étude sur les Pertes de contrôle de la trajectoire en phase d'Approche lors de la Remise de Gaz (PARG) dont les résultats ont été publiés au mois de juillet 2013⁽⁹⁾.

⁽⁹⁾<http://www.bea.aero/etudes/parg/parg.php>

Cette étude contient des recommandations, dont les deux suivantes sont particulièrement pertinentes pour cet incident :

« - l'AESA, en coordination avec les constructeurs, les exploitants et les principales autorités de l'aviation civile non européennes, s'assure que la formation à la remise de gaz intègre un enseignement explicitant la méthodologie de surveillance des paramètres primaires de vol, en particulier assiette, poussée puis vitesse. [Recommandation FRAN-2013-017] »

« - l'AESA, en coopération avec les autorités nationales de l'aviation et les principales autorités de l'aviation civile non européennes, s'assure, lors des entraînements continus et périodiques, que les organismes de formation et les compagnies aériennes accordent une importance accrue à l'évaluation et au maintien des capacités de surveillance des pilotes de transport public. [Recommandation FRAN-2013-018] »

3.4 Vérification de la trajectoire d'approche par les systèmes avion

Les systèmes embarqués disposent des informations de distance et d'altitude qui permettent de connaître la position de l'avion par rapport au plan publié. La comparaison de cette position avec le signal ILS permettrait de déceler une éventuelle incohérence du signal reçu. En cas d'incohérence, la mise en place d'un système d'alerte améliorerait la conscience des équipages sur la possibilité d'un signal erroné.

L'enquête relative à l'incident grave survenu à l'Airbus A340-300 immatriculé F-GLZU, le 13 mars 2012 en approche vers l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle avait montré qu'il était possible d'intercepter un plan de descente ILS d'un lobe secondaire sous pilote automatique sans que l'équipage soit alerté. En conséquence le BEA avait recommandé que *« l'AESA s'assure que les modes ILS des aéronefs ne s'engagent pas sur un signal ILS autre que celui correspondant au plan de descente publié ; qu'à défaut un système permettant d'alerter l'équipage soit mis en place [Recommandation FRAN-2013-008] »*.

3.5 Causes

Le positionnement du point d'arrêt dans la zone critique ILS, contraire aux recommandations de l'OACI, a contribué à la présence d'un aéronef dans cette zone.

La perception probablement erronée du contrôleur Tour sur les risques associés aux signaux ILS perturbés ne l'a incité ni à empêcher la pénétration d'un avion dans cette zone ni à en informer le contrôleur d'Approche.

Le manque de disponibilité de l'équipage durant l'approche manuelle ne lui a pas permis d'effectuer une surveillance efficace des paramètres primaires de vol qui seule permettait de détecter que l'avion n'était pas sur le plan de descente attendu. Ceci a contribué à retarder la décision d'interrompre l'approche.

La réalisation inadéquate de la procédure de remise de gaz a conduit à des écarts importants de vitesses et d'assiette, puis au déclenchement de la protection en incidence de l'avion.

4 - RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement 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, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

4.1 Point d'arrêt dans les zones critiques ILS

Le supplément C du volume I de l'Annexe 10 de l'OACI précise que la présence d'aéronefs dans les zones critiques ILS perturberait de façon inacceptable le signal ILS.

Par ailleurs, l'Annexe 14 de l'OACI précise que l'emplacement d'un point d'arrêt sera tel qu'un aéronef ou un véhicule en attente n'empiétera pas sur la zone critique ILS. Or, sur l'aérodrome de Hambourg, le point d'arrêt de la piste 23, situé sur la voie de circulation D, se trouve dans la zone critique du glide de la piste 23.

En conséquence le BEA recommande que :

- **l'autorité allemande en charge de la surveillance des infrastructures aéroportuaires (BAF⁽¹⁰⁾) s'assure qu'il n'y ait pas de point d'arrêt dans les zones critiques de l'aérodrome de Hambourg ; [Recommandation FRAN-2015-004]**
- **l'AESA rappelle aux États membres de vérifier l'absence de point d'arrêt dans les zones critiques. [Recommandation FRAN-2015-005]**

4.2 Risques liés à la présence d'aéronefs dans les zones critiques ILS

Les procédures du service de la navigation aérienne de Hambourg indiquent que les zones critiques ILS doivent systématiquement être maintenues dégagées lors de toute approche ILS et qu'une autorisation d'approche ILS ne peut être accordée que si les zones critiques du glide et du localiser sont dégagées. Or, l'enquête a montré que le contrôleur Tour avait probablement une perception erronée des risques associés aux signaux ILS perturbés. Ceci ne l'a incité ni à empêcher la pénétration d'un avion dans la zone critique ILS ni à informer le contrôleur d'Approche de cette présence.

En conséquence le BEA recommande que :

- **l'autorité de l'aviation civile allemande (LBA⁽¹¹⁾) s'assure que les contrôleurs aient conscience des risques liés à la présence de véhicules ou d'aéronefs dans les zones critiques ILS. [Recommandation FRAN-2015-006]**

⁽¹⁰⁾Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung.

⁽¹¹⁾Luftfahrt-Bundesamt.