



Incident de l'EMBRAER ERJ170
immatriculé **F-HBXI**
exploité par HOP!
le samedi 11 mai 2024
sur l'aéroport de Toulouse – Blagnac (31)

Heure	Vers 13 h 20 ¹
Nature du vol	Transport commercial de passagers – vol charter
Personnes à bord	Commandant de bord (PM puis PF ²), copilote ³ (PF puis PM), 2 PNC, 52 passagers
Conséquences et dommages	Avion légèrement endommagé

Atterrissage avec une indication de train d'atterrissage gauche non verrouillé

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des enregistreurs de vol CVR et FDR, des témoignages, des enregistrements des radiocommunications et des données radar.

L'équipage décolle de Paris - Charles de Gaulle (95) à 12 h 15 à destination de Toulouse – Blagnac. À 13 h 11, alors que l'avion est établi sur l'ILS de la piste 14R, à environ 2 500 ft⁴, configuré en position « flaps 3 », le PM positionne le levier de commande du train d'atterrissage sur DOWN (voir **Figure 1**, point ❶). Le voyant du train d'atterrissage principal gauche reste indiqué en transit et le restera jusqu'à la fin du vol. L'alarme sonore « LANDING GEAR » se déclenche (point ❷), suivie du message EICAS **LG LEVER DISAG**. Le CDB annonce au PF qu'il va faire une séquence de rentrée et de sortie du train d'atterrissage (point ❸) et lui indique qu'ils remettront les gaz si cette tentative échoue. Le train d'atterrissage principal gauche ne se verrouillant toujours pas, l'équipage interrompt l'approche (point ❹), actionne la commande de train vers la position UP et rentre les volets.

À 13 h 13, passant 3 000 ft en montée, le CDB répartit les rôles : le copilote reste PF et prend également en charge les communications tandis que le CDB se charge du traitement de la panne. À environ 13 h 14, après avoir réalisé la check-list après décollage et atteignant 4 000 ft, le PM commence la procédure d'urgence **LG LEVER DISAG** (point ❺). Dans les conditions de l'incident, l'application de la procédure **LG LEVER DISAG** conduit à réaliser la procédure **ABNORMAL LANDING GEAR EXTENSION** et celle-ci à la procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING**.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter 2 h pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

² Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](#).

³ Au sein de Hop!, un copilote est désigné par Officier pilote de ligne (OPL).

⁴ Les valeurs altimétriques sont données en référence QNH.

En suivant cette dernière procédure, le CDB informe les PNC de la situation. Pendant ce temps, le PF informe le contrôleur et lui explique qu'une assistance sera nécessaire à l'arrivée. Le contrôleur indique qu'il pourra observer le train d'atterrissage avec des jumelles. Le PM poursuit ensuite la procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING** en informant le PF des actions à effectuer pour l'atterrissage et en cas de remise de gaz. L'équipage convient que le CDB deviendra PF pour l'approche finale.

À 13 h 18, le contrôleur laisse à l'équipage le choix d'un guidage radar court ou long. Le copilote répond qu'ils préfèrent un guidage long (point 6) et prévient que la piste risque d'être bloquée après l'atterrissage.

L'équipage se prépare pour une nouvelle approche ILS 14R. À 13 h 21, l'équipage est autorisé à l'approche ILS 14R (point 7).

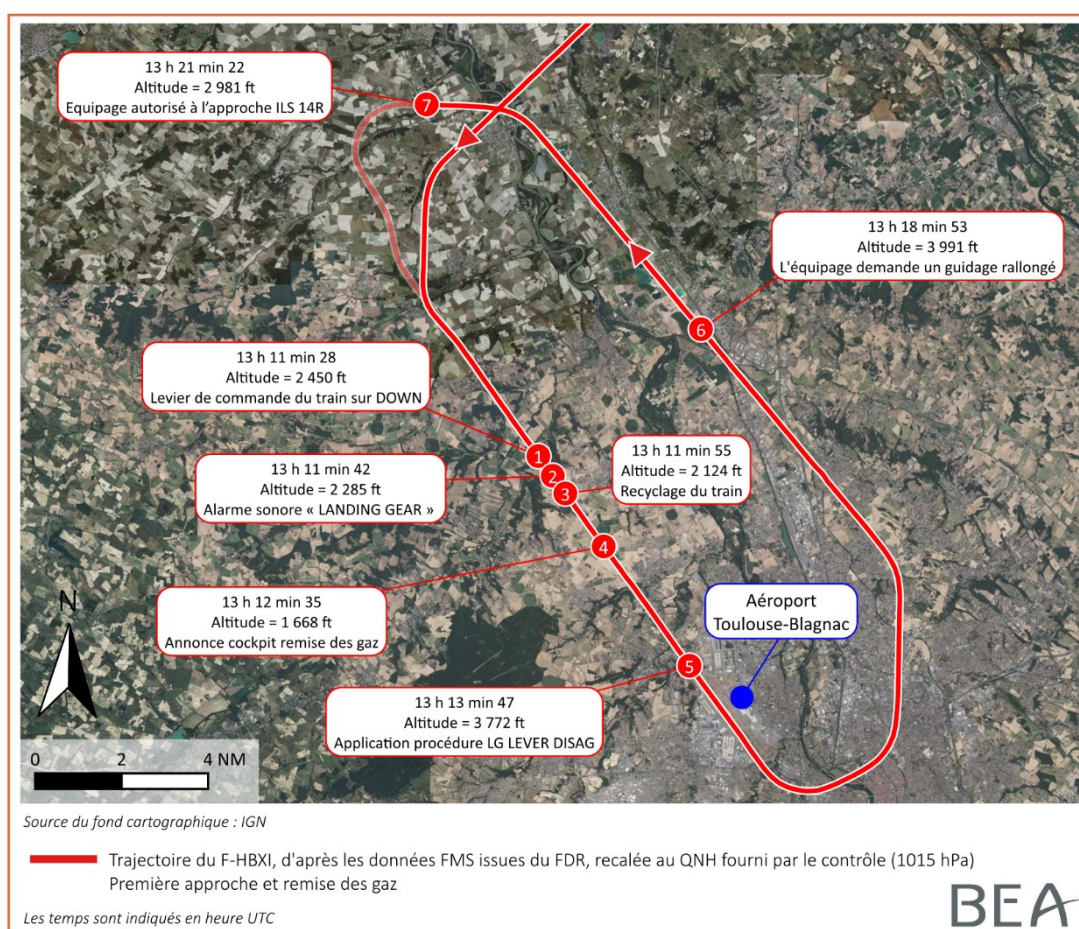


Figure 1 : trajectoire du F-HBXI : première approche et remise des gaz

À 13 h 22, le CDB devient PF et le copilote PM. Le contrôleur demande à l'équipage s'il souhaite réaliser un passage bas afin d'observer le train d'atterrissage depuis la tour de contrôle. L'équipage décide de poursuivre l'approche sans faire de passage bas, en demandant au contrôleur d'observer la position du train d'atterrissage.

À 13 h 23, en palier à une altitude de 3 000 ft et une vitesse de 160 kt, le PM annonce être établi sur le LOC piste 14R. L'équipage est autorisé à l'atterrissage. Il sort les becs et volets progressivement jusqu'à la position « FULL » et sélectionne une vitesse de 125 kt. L'alarme sonore *LANDING GEAR* se déclenche à la sélection de la position FLAPS 5⁵. Elle restera active jusqu'après l'atterrissage.

À 13 h 25, le PF indique au PM qu'il va viser légèrement à droite de l'axe de piste au cas où l'avion partirait à gauche après le toucher des roues.

À 13 h 26 min 49, à 1 500 ft, le PF désactive le pilote automatique. Environ dix secondes plus tard, l'avion passe 1 400 ft en descente, le contrôleur annonce voir les deux trains principaux sortis.

À 13 h 28 min 39, les roues touchent la piste. Lors de la décélération, le PM indique au contrôleur qu'il va continuer à rouler pour ne pas bloquer la piste puisque tout semble normal depuis le poste de conduite. Le contrôleur répond que la prochaine arrivée est sur la piste parallèle 14L et que l'avion peut être arrêté sur la piste. L'équipage stoppe l'avion pour le faire inspecter sur la piste. Le moteur 1 est arrêté afin que les pompiers puissent s'approcher du train d'atterrissage gauche. Ils indiquent au CDB qu'ils ne voient pas d'anomalie, pas de feu, pas de fuite. L'équipage informe le contrôleur qu'il va pouvoir reprendre le roulage. Après avoir redémarré le moteur 1, le PF ne parvient pas à diriger l'avion⁶. L'équipage démarre l'APU et coupe les deux moteurs.

À 13 h 48, un mécanicien de l'équipe de piste informe l'équipage d'une rupture mécanique sur le train d'atterrissage principal gauche. Sa contrefiche de verrouillage est trouvée sortie de sa position.

Tous les occupants débarquent par un escalier vers 14 h 40 sans autre incident. L'avion reste immobilisé sur la piste jusqu'au lendemain.

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements météorologiques

Le message d'observation météorologique METAR AUTO de 13 h 30 indiquait : vent de sud-est, 10 kt, CAVOK, température 27 °C, QNH 1 015 hPa.

2.2 Renseignements sur l'aéroport

L'aérodrome de Toulouse – Blagnac dispose de deux pistes parallèles orientées 14/32 et décalées de 1 150 m au seuil 14. Les dimensions de la piste 14R/32L sont de 3 503 m x 45. Les dimensions de la piste 14L/32R sont de 3 025 m x 45.

⁵ L'ERJ170 dispose de sept positions de becs et volets, de 0 à 5, puis FULL.

⁶ La sortie manuelle du train d'atterrissage réalisée pendant l'application de la procédure **ABNORMAL LANDING GEAR EXTENSION** désactive la fonction de direction du train avant.

2.3 Renseignements sur l'avion

2.3.1 Examen du train d'atterrissage principal gauche

L'examen visuel a permis de constater que :

- la contrefiche d'actionnement du train principal gauche n'était pas alignée (voir **Figure 2** et **Figure 3**)
- la contrefiche de verrouillage était désolidarisée de la jambe de train (voir **Figure 4** et **Figure 5**).

Les boulons, dont la fonction est de lier la platine de fixation de la contrefiche de verrouillage à la jambe de train, ont été retrouvés rompus ou incomplets (voir § 2.3.2).



*Figure 2 : train principal gauche du F-HBXI après l'atterrissage, vue de l'avant vers l'arrière
(Source : BEA)*



*Figure 3 : train principal gauche en position normale, vue de l'avant vers l'arrière
(Source : BEA)*

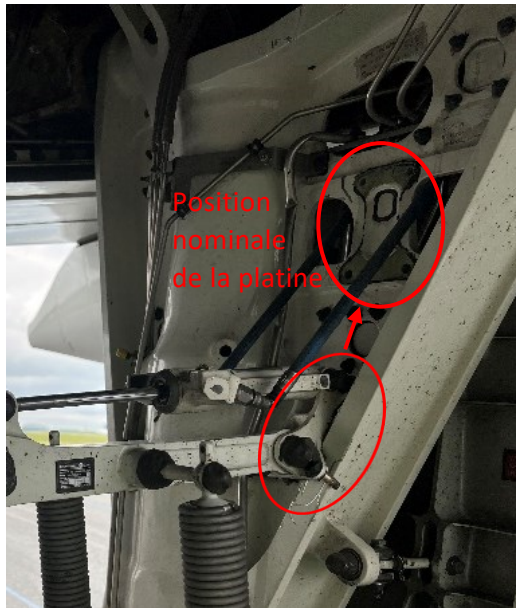


Figure 4 : platine de fixation désolidarisée de la jambe de train (Source : BEA)



Figure 5 : boulons de fixation de la platine retrouvés endommagés (Source : BEA)

La platine de fixation de la contrefiche de verrouillage n'était plus fixée au train d'atterrissage et s'est déplacée entraînant un décalage des capteurs de position de train (voir **Figure 6**). Ce décalage explique la non-détection par l'avion de la position « train verrouillé ».

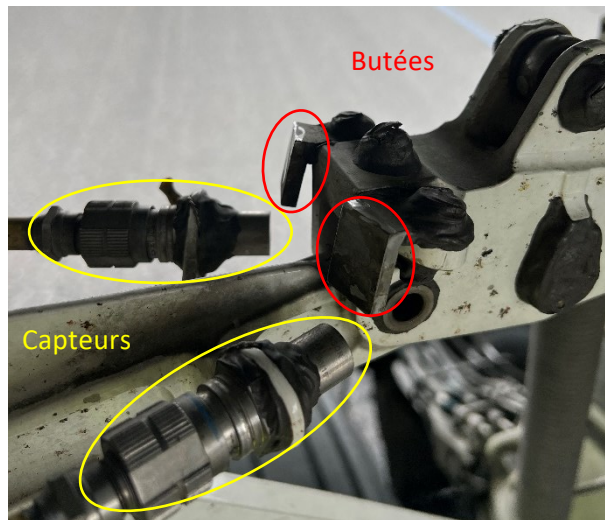


Figure 6 : capteur de position décalé (Source : BEA)

Quelques dommages mineurs supplémentaires ont été observés sur le train principal gauche. La platine et les boulons de fixation ont été prélevés pour être examinés.

2.3.2 Examen des fixations de la platine de contrefiche de verrouillage

Le système de train d'atterrissage est conçu et produit par Liebherr. La platine de fixation de la contrefiche de verrouillage est normalement fixée à la jambe de train par quatre boulons constitués d'une vis, d'un écrou, d'une rondelle et d'une goupille fendue (voir **Figure 7**).

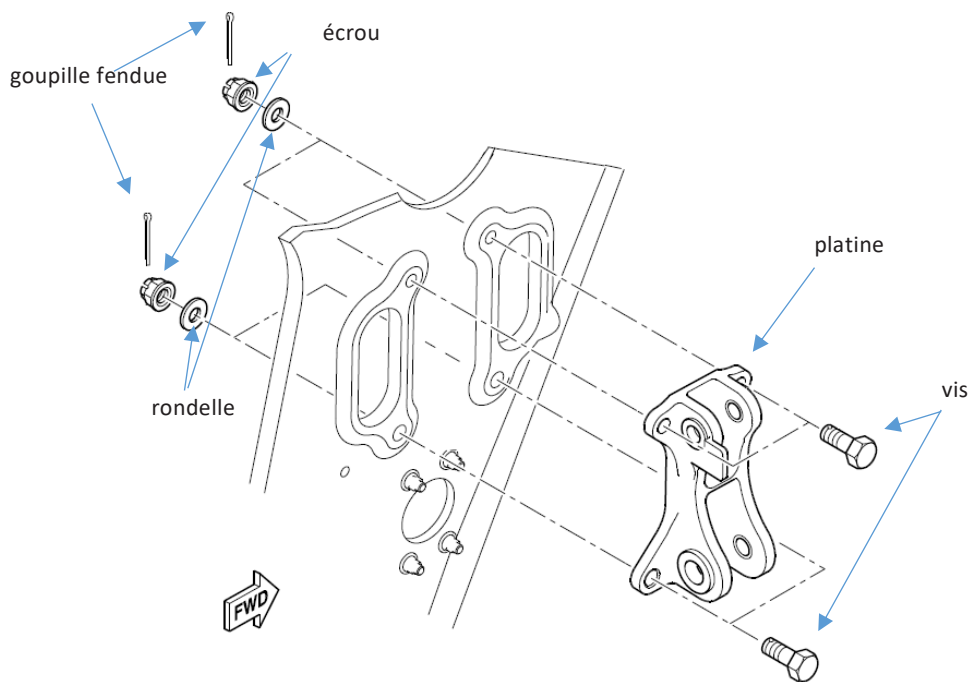


Figure 7 : assemblage de la platine de contrefiche (Source : Embraer, annotations BEA)

Après l'incident, la platine a été retrouvée désolidarisée de la jambe de train. Les quatre fixations ont été retrouvées dans les conditions suivantes :

- position arrière haut (voir **Figure 8**) : la vis était rompue sans déformation ; tous les composants ont été récupérés ;
- position avant haut (voir **Figure 9**) : la vis était rompue et fléchiée ; la rondelle était manquante ;
- position arrière bas (voir **Figure 10** et **Figure 11**) : la vis était en bon état, la rondelle et l'écrou étaient manquants ; un fragment de la goupille fendue était encore en place dans la vis. Un débris métallique était coincé dans le filetage de la vis ;
- position avant bas : la vis était en bon état, la rondelle et l'écrou étaient manquants ; un fragment de la goupille fendue était encore en place dans la vis. Un débris métallique était coincé dans le filetage de la vis.

Du mastic noir était présent sur toutes les têtes de vis et sur les écrous encore en place. Des traces de mastic étaient visibles dans les filetages des vis où les écrous manquaient. Un produit de couleur verte a été observé dans certains filets des vis en position basse. Les fragments des goupilles encore en place montrent des signes de cisaillement.



Figure 8 : boulon en position arrière haute
(Source : BEA)



Figure 9 : boulon en position avant haute
(Source : BEA)



Figure 10 : vis en position arrière bas
(Source : BEA)



Figure 11 : vis en position arrière bas –détail
(Source : BEA)

Un examen au microscope électronique à balayage (MEB) a été effectué sur la surface de rupture de la vis en position arrière haute. La présence de microstries a pu être mise en évidence, caractéristique d'un processus de fissuration en fatigue sous des efforts répétés de traction. De multiples fissures se sont amorcées en surface sur le flanc de la vis, comme en témoigne la présence de lignes radiales. Le matériau était conforme à la nuance attendue pour ce type de vis.

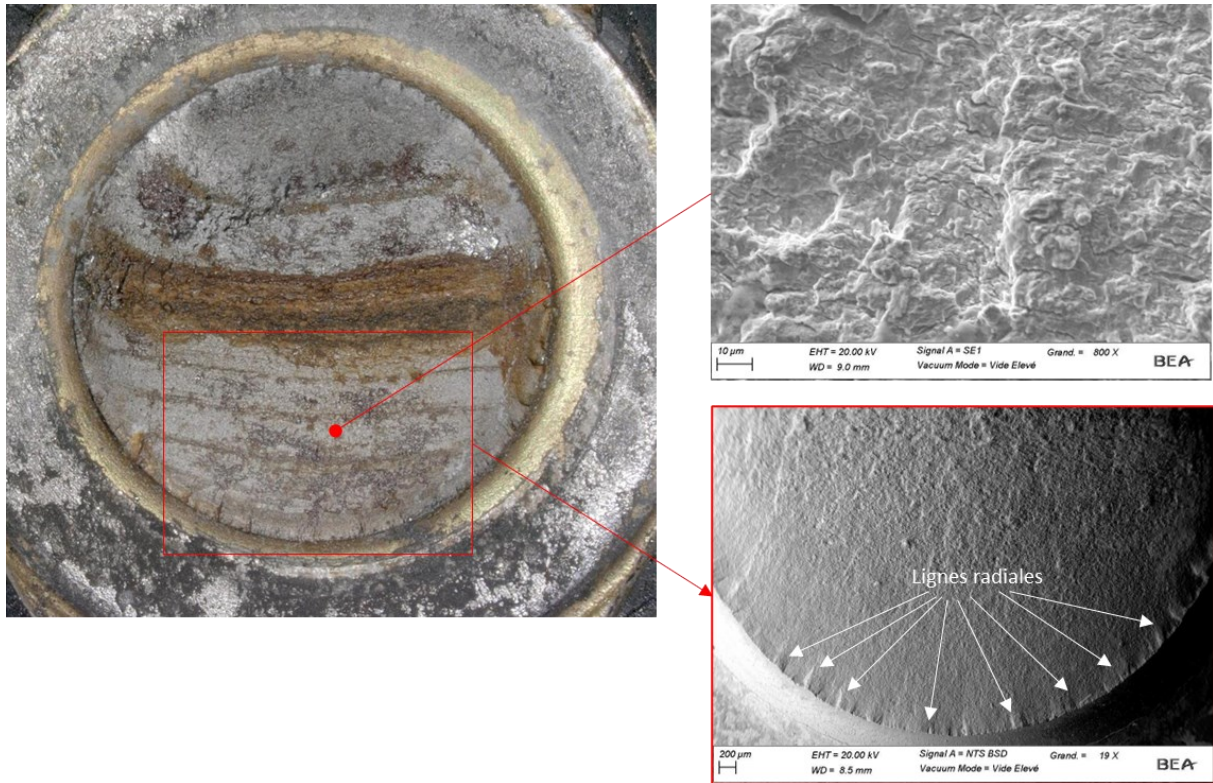


Figure 12 : vue au MEB de la surface de rupture de la vis en position arrière haute (Source : BEA)

La vis en position avant haute présentait les caractéristiques d'une rupture brutale, par surcharge en flexion.

En position haute, les écrous en place étaient de type MS14145.

Pour chacune des deux vis en position basse, la présence d'un débris métallique dans un filet, d'un fragment de goupille dans l'alésage de la vis, ainsi que du produit vert dans plusieurs filets, indique que des écrous de type MS17826 étaient en place sur ces vis.

Le couple de serrage maximal supporté par ce type d'écrou est de 8 Nm. L'instruction de serrage dans la documentation de Liebherr était de 22 à 25 Nm.



Figure 13 : écrous de serrage autorisés selon la documentation Liebherr (pré SB 170-32-0089).
(Source : BEA)

Il est très probable que les écrous des deux vis situées en position basse, mal dimensionnés, ont été endommagés lors de l'application du couple pendant leur installation et se sont ensuite arrachés⁷. Le boulon avant situé en position haute s'est alors fissuré progressivement en fatigue, jusqu'à rompre. La platine n'étant alors plus maintenue que par le boulon arrière, celui-ci s'est rompu brutalement par surcharge.

Il n'est en revanche pas possible de dater précisément, au cours des vols précédant celui de l'événement, le processus de rupture. De plus, cette défaillance était difficile à détecter lors des visites prévol ou lors des visites de maintenance quotidiennes, les écrous n'étant pas directement visibles.

2.3.3 Historique des changements de spécification des écrous

En 2005, le type d'écrou MS17826 a été introduit dans la documentation technique d'Embraer comme alternative au type MS14145 afin de faciliter le montage de la platine en atelier.

2.3.4 Description des panneaux latéraux de disjoncteurs du poste de pilotage

Les disjoncteurs auxquels les membres d'équipage de conduite doivent avoir accès sont situés sur les consoles gauche et droite du poste de pilotage. Le commandant de bord a accès au panneau de disjoncteur gauche et le copilote au panneau droit.

Pour chaque pilote, il n'est pas possible, depuis sa place assise, de voir les actions de l'autre pilote sur les disjoncteurs, ceux-ci étant situés sur le panneau opposé.

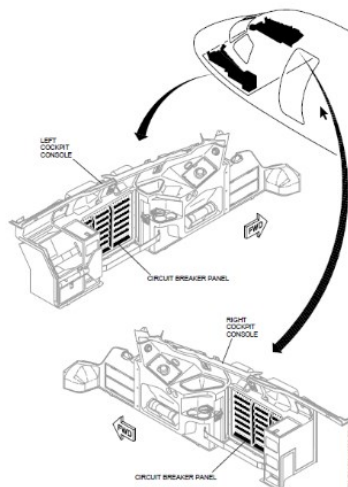


Figure 14 : position des panneaux de disjoncteurs (Source : Embraer)

2.4 Renseignements sur l'équipage

Commandant de bord

Le CDB, âgé de 63 ans, est titulaire d'un ATPL(A) depuis 1990. Il détient les qualifications IR/ME et de type EMB170. Le jour de l'incident, il totalisait 17 892 heures de vol, dont environ 14 000 en tant que commandant de bord. Il totalisait environ 6 000 heures de vol sur type EMB170, toutes en tant que commandant de bord. Il cumulait environ 130 heures de vol dans les trois mois précédant l'événement, dont environ 57 dans les 30 derniers jours.

⁷ Les goupilles fendues servent à empêcher le dévissage de l'écrou. Elles n'assurent pas la tenue de l'assemblage en cas d'endommagement de l'écrou.

Copilote

Le copilote, âgé de 36 ans, est titulaire d'un ATPL (A) depuis 2017. Il détient les qualifications IR/ME et de type A320 et EMB170. Le jour de l'incident, il totalisait 2 725 heures de vol, dont 108 sur EMB170. Il cumulait environ 108 heures de vol dans les trois mois précédents, dont environ 41 dans les 30 derniers jours. Il avait été lâché en ligne dans cette compagnie environ un mois et demi avant l'événement.

2.5 Traitement des pannes rencontrées en vol

2.5.1 Airplane Operations Manual (AOM)

Le voyant d'alarme **LG LEVER DISAG** apparaît lorsqu'au moins un des témoins du train d'atterrissage diffère de la position du levier de commande du train d'atterrissage. Les différentes procédures appelées dans le cadre du problème de sortie du train d'atterrissage rencontré par l'équipage n'incluent pas d'action à réaliser de mémoire.

La procédure d'urgence **LG LEVER DISAG** qui lui est associée demande de réaliser un recyclage du train. Si le voyant persiste lors de l'extension du train, il faut effectuer la procédure **ABNORMAL LANDING GEAR EXTENSION**.

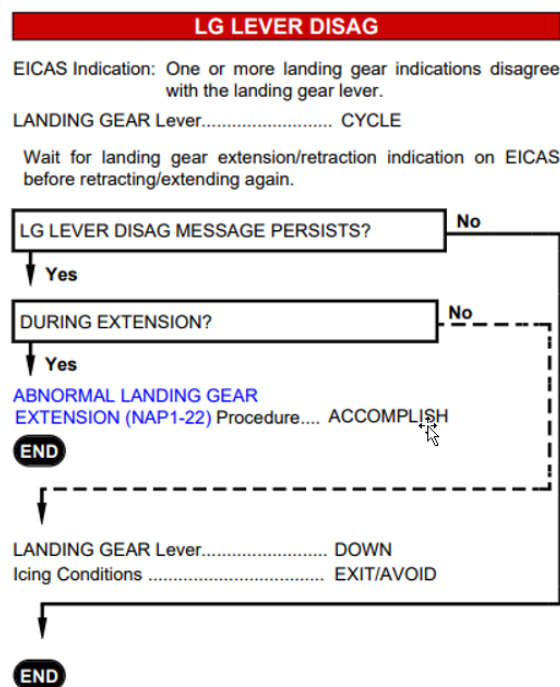


Figure 15 : procédure d'urgence **LG LEVER DISAG** (Source : Embraer)

EMERGENCY AND ABNORMAL PROCEDURES

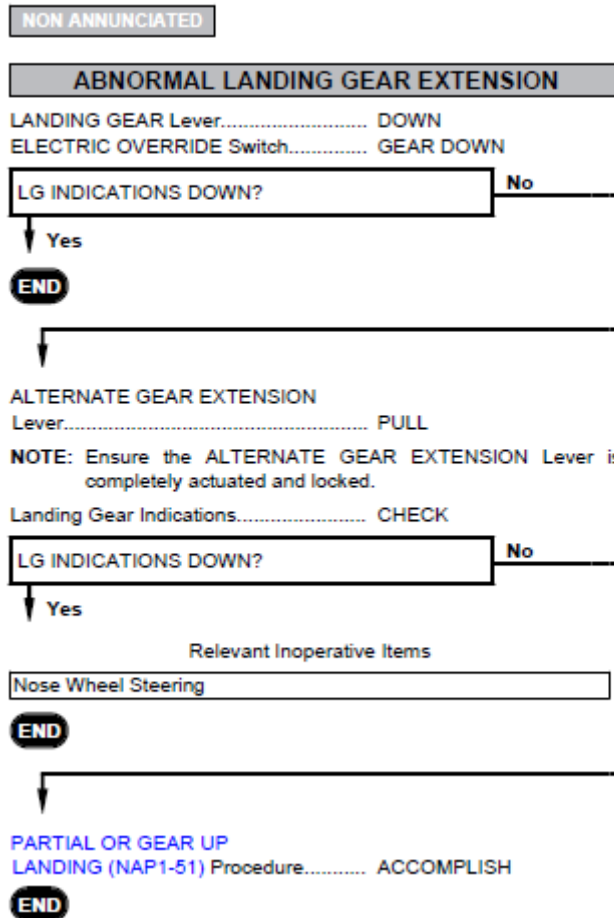


Figure 16 : procédure **ABNORMAL LANDING GEAR EXTENSION** (Source : Embraer)

Cette procédure demande d'utiliser l'interrupteur électrique prioritaire (*electric override switch*) puis le levier de secours de sortie du train d'atterrissage (*alternate gear extension*). Après l'utilisation de cette commande, le système de direction du train avant (*nose wheel steering*) devient inopérant. Si les voyants n'indiquent toujours pas que le train est sorti et verrouillé, la procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING** doit être réalisée.

Cette troisième procédure a pour objectif de préparer l'atterrissage avec un train d'atterrissage rentré ou partiellement sorti. Elle demande notamment d'informer les PNC et le contrôle aérien. La procédure demande par ailleurs de tirer les deux disjoncteurs *Aural Warning C7* et *C31*, situés respectivement du côté gauche et droit du cockpit, afin d'inhiber les alarmes audios. Ces disjoncteurs sont respectivement identifiés « AURAL 1 » et « AURAL 2 ». Dans le cadre de cette procédure, cette action permet d'inhiber l'alarme sonore « LANDING GEAR » qui reste activée tant que les deux conditions suivantes sont réunies :

- un des trois trains n'est pas détecté en position « sorti et verrouillé » ;
- et le système détecte une intention d'atterrissage⁸.

⁸ La commande des volets est en position 5 ou FULL, ou la hauteur de l'avion est inférieure à 700 ft au-dessus du sol et la position du levier de poussée est inférieure à 45° pour deux moteurs opérationnels.

PARTIAL OR GEAR UP LANDING	
NOTE: – Plan to land on available gear. – Burn off fuel to reduce touchdown speed.	
Cabin Crew.....	NOTIFY
ATC.....	NOTIFY
Transponder.....	7700
Aural Warning CBs (C7; C31).....	PULL
APU MASTER Selector.....	OFF
DUMP Button.....	PUSH IN
Approach:	
PASSENGER SIGNS Panel.....	SET
Altimeters.....	SET AND X-CHECK
Landing Configuration:	
LANDING GEAR Lever.....	DOWN
Slat/Flap.....	FULL
Cockpit Door Control LOCK Button.....	PUSH OUT
If a go around is required:	
LANDING GEAR Lever.....	DOWN
Just Before Touchdown:	
Cabin.....	ANNOUNCE IMPACT
After Landing:	
Thrust Levers.....	IDLE
Engine 1 and 2 START/STOP Selectors.....	STOP
Engine 1 and 2 FIRE EXTINGUISHER Handles.....	PULL and ROTATE
Emergency Evacuation.....	ANNOUNCE
BATT 1 and BATT 2 Knobs.....	OFF
END	

Figure 17 : procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING** (Source: Embraer)

L'application de la procédure implique que l'équipage doit arrêter l'avion sur la piste. Elle ne prévoit pas de roulage avant l'évacuation d'urgence.

2.5.2 Manuel d'exploitation (MANEX) de Hop!

D'après la partie A du MANEX, partie OPS 8.3.3.1, les différentes check-lists doivent être réalisées dans l'ordre suivant, selon leur catégorie :

1. Urgence
2. Normale
3. Anormale

La méthode d'analyse de panne exposée dans le MANEX est résumée par le moyen mnémotechnique A.B.C.D.I. Il s'agit d'abord d'annoncer la nature de la panne (analyse), puis d'effectuer un bilan des systèmes au moyen des pages systèmes ou des panneaux systèmes et enfin d'évaluer les conséquences opérationnelles, techniques et commerciales. À la date de l'incident, le MANEX précisait que le CDB « décide, en accord avec le copilote, de la conduite à tenir en termes de déroutement ou de dégagement ». L'équipage de conduite doit ensuite informer les services du contrôle aérien, les PNC et les services opérations de la compagnie.

Durant la partie « information », le CDB doit effectuer un briefing NITS au chef de cabine (CDC). N.I.T.S est un moyen mnémotechnique qui signifie : Nature, Intentions, Temps, Spécificités. Il s'agit d'informer les PNC sur la nature du problème et ses conséquences éventuelles, les intentions de l'équipage de conduite, la notion de temps pour préparer la cabine et enfin de tout ce qui dévie d'une procédure standard.

2.6 Activité de l'équipage

2.6.1 Traitement de la panne de train

Lors de la détection du problème de train, pendant la première approche, le CDB a rentré puis sorti le train (recyclage) sans consulter au préalable la procédure associée à la panne. Cette action a été réalisée de façon machinale.

Lors de l'interruption de l'approche, l'équipage a rentré le train. Une fois la check-list après décollage terminée, l'équipage a commencé la procédure **LG LEVER DISAG**, qui l'a conduit à effectuer un nouveau recyclage du train. Celui-ci étant infructueux, la procédure demande de passer à la procédure **ABNORMAL LANDING GEAR EXTENSION**. Dans le cadre de cette procédure, le train ne se verrouillant pas au moyen de la sortie secours, l'équipage est passé, comme indiqué sur la procédure, à la procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING**.

Il a ensuite poursuivi avec l'action sur les disjoncteurs d'alarme. Le CDB a tiré le disjoncteur C7 qui est situé de son côté, sur le panneau latéral gauche, puis il a demandé au copilote de tirer le C31, *aural warning circuit breaker*, situé sur le panneau latéral droit. Le copilote a annoncé qu'il tirait le *master warning caution two alert*. Le CDB a acquiescé cette action erronée. Le disjoncteur identifié par ce nom est le C32, positionné à droite du C31 (voir **Figure 18**). Ce disjoncteur désactive la lampe des alarmes et alertes côté copilote.

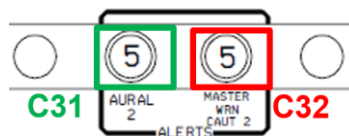


Figure 18 : circuit breakers C31 et C32 sur le panneau droit (Source : Embraer)

La confusion de disjoncteur (C32 tiré au lieu de C31) n'a pas permis d'inhiber le message vocal « **LANDING GEAR** » émis toutes les secondes.

Le message vocal a commencé à être émis au moment de la configuration des volets en position 5, alors que l'erreur de disjoncteur a été réalisée au moment de l'application de la procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING** quelques minutes auparavant. Il était alors difficile d'associer cette alarme permanente à une erreur commise lors de l'application de cette procédure. Cette alarme est restée en fond sonore jusqu'à 13 h 44, seize minutes après l'atterrissage.

Les pilotes ont échangé à plusieurs reprises sur la gêne provoquée par cette alarme permanente. La méthode d'analyse de panne exposée dans le MANEX (A.B.C.D.I) n'a pas été suivie point par point. Les pilotes ont toutefois évoqué plusieurs éléments opérationnels concernant l'approche, l'atterrissage, la quantité de carburant.

Le traitement des trois procédures d'urgence et anormales associées à la panne de train ainsi que la check-list après décollage ont été réalisés en six minutes. La confusion concernant un des disjoncteurs permettant d'inhiber les alarmes sonores est probablement liée à une charge de travail importante. Dans la situation de cet incident, il n'y avait pas d'élément identifié présentant un caractère d'urgence nécessitant un atterrissage immédiat. La quantité de carburant était suffisante pour réaliser plusieurs circuits d'attente. L'application d'un outil d'aide à la prise de décision (tel que A.B.C.D.I pour HOP!) permet d'analyser objectivement les menaces liées à la situation.

2.6.2 Réalisation des actions après atterrissage

Après l'atterrissage, l'équipage a arrêté l'avion sur la piste pour que les pompiers puissent inspecter le train d'atterrissage. Ensuite, lorsqu'ils ont tenté de rouler, l'équipage a été surpris de ne pas pouvoir diriger l'avion. La réalisation de la procédure **ABNORMAL LANDING GEAR EXTENSION** (voir § 2.5) avait rendu le système de direction du train avant inopérant. La dernière procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING** (voir **Figure 17**) ne prévoit pas de roulage, mais un arrêt complet de l'avion sur la piste jusqu'à l'évacuation.

Cette procédure liste plusieurs actions à accomplir après l'atterrissage. L'équipage doit notamment tirer les poignées qui permettent de couper les deux moteurs. Ces actions entraînent la fermeture des valves d'arrêt des systèmes carburant, hydraulique et de pressurisation. En effectuant une rotation sur ces poignées, les extincteurs sont actionnés. L'évacuation de l'avion doit ensuite être annoncée.

L'équipage a procédé à l'arrêt des deux moteurs par l'intermédiaire des sélecteurs de la console centrale. Ils n'ont volontairement pas actionné les poignées des extincteurs. Le CDB a considéré qu'il n'était pas nécessaire d'agir sur les poignées des extincteurs car les pompiers étaient à proximité et n'avaient pas signalé d'incendie ou de fuite.

Le CDB n'a pas demandé l'évacuation de l'avion. En revanche, il a pris la décision d'adapter la procédure de débarquement en tenant compte des risques qu'il avait identifiés. Les services de secours, puis un mécanicien au sol ont participé à l'évaluation de la situation en inspectant le train d'atterrissage gauche. Le mécanicien a conseillé au CDB de faire débarquer les passagers par la porte droite pour éviter d'ajouter du poids sur la gauche de l'avion. Le CDB a suivi son avis. L'avion était arrêté sur la piste avec les moteurs éteints lors du débarquement. Le constructeur a confirmé après l'incident que le train ne risquait pas de s'affaisser dans cette situation.

Une évacuation d'urgence comporte également des risques, des passagers peuvent notamment se blesser dans la précipitation.

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête.

Scénario

À la sortie des trains d'atterrissage lors de la première approche sur l'aéroport de Toulouse - Blagnac, la platine de fixation de la contrefiche de verrouillage était désolidarisée du train d'atterrissage principal gauche, entraînant un décalage des capteurs de position de train. Ce décalage a conduit à la non-détection de la position « train verrouillé » et au déclenchement de l'alarme correspondante dans le poste de pilotage.

Le CDB, qui était PM, a commandé successivement la rentrée et la sortie du train, de façon réflexe, sans se référer à la procédure associée à l'alarme. L'alarme étant toujours présente après ce recyclage, l'équipage a interrompu l'approche et a appliqué la procédure. Il a effectué un circuit élargi main gauche sous guidage radar.

Six minutes après la remise de gaz, les procédures associées à la panne étaient réalisées. Le CDB a pris le rôle de PF.

L'approche finale et l'atterrissage se sont déroulés sans événement particulier. Toutefois, l'alarme « *LANDING GEAR* » est restée active depuis la sélection de la configuration de volet 5 lors de l'approche intermédiaire jusqu'après l'atterrissage. La persistance de cette alarme s'explique par une erreur lors de l'action sur le disjoncteur d'alarme sonore (voir § 2.5), combinée à la quasi-impossibilité d'effectuer un contrôle visuel croisé de la position des disjoncteurs tirés.

Facteur contributif

A pu contribuer à la rupture de l'assemblage entre la contrefiche de verrouillage et le train principal gauche :

- l'utilisation d'écrous, préconisés par le constructeur, qui n'étaient pas dimensionnés pour supporter les valeurs de serrage indiquées dans la documentation.

Mesures prises

À la suite de l'incident, Embraer a émis un *Alert Service Bulletin* (Alert SB170-32-A094) obligatoire afin d'inspecter tous les trains d'atterrissage de la flotte. Fin 2024, l'intégralité de la flotte avait été inspectée avec le résultat suivant : environ 180 écrous remplacés par des modèles de type MS14145.

Le constructeur Embraer a émis le 28 avril 2025 une *Flight Operations Letter* (réf. FOL N° 170-002/25) applicable aux Embraer 170/175/190/195. Cette lettre indique que la partie de la procédure **PARTIAL OR GEAR UP LANDING** concernant l'évacuation sera modifiée dans l'AOM et le QRH. Au lieu de « Emergency Evacuation... Announce », la procédure indiquera « Emergency Evacuation... As required ». Avec cette modification, il appartiendra au CDB de décider de l'évacuation, en fonction de l'évaluation de la situation par l'équipage.

La compagnie Hop! a renforcé les méthodes de traitement de panne dans le cadre du maintien de compétences 2025. L'importance du traitement en équipage des items bilan et décision a été soulignée. Jusqu'alors le bilan opérationnel et commercial était une prérogative du CDB. À compter de 2025, le PM (CDB ou copilote) effectue ces bilans après avoir procédé au bilan technique.

Il est maintenant précisé dans l'item décision : « Le CDB demandera à l'OPL (PF ou PM) d'exprimer son avis, la décision finale restant la prérogative du CDB ». Le copilote est ainsi davantage inclus dans la prise de décision. Cette évolution a été actée par des modifications des parties A et B du Manuel d'exploitation.

La compagnie HOP! a également utilisé cet incident lors de la standardisation des instructeurs 2024. Les différents points de la procédure **LG LEVER DISAG** ont été rappelés durant les formations. Les cours RTC⁹ de 2025 incluent plusieurs aspects du traitement par l'équipage d'une panne de train d'atterrissage. Il est notamment expliqué, si le train doit être rentré en cas de remise de gaz, de compter cette rétraction comme un cycle dans la procédure. Il est rappelé l'importance de vérifier les numéros des disjoncteurs avant de les tirer car la vérification croisée n'est pas possible.

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.

⁹ Recurrent Training and Checking.