



**Accident** survenu au BOEING - 737 - 800  
immatriculé **F-GZHA**  
le 1<sup>er</sup> octobre 2022  
sur l'aéroport de Nantes – Atlantique (44)

<b>Heure</b>	Vers 11 h 05 <sup>1</sup>
<b>Exploitant</b>	Transavia France
<b>Nature du vol</b>	Transport commercial de passagers
<b>Personnes à bord</b>	Commandant de bord (PM <sup>2</sup> , instructeur), copilote (PF), 4 membres d'équipage de cabine, 165 passagers.
<b>Conséquences et dommages</b>	Avion fortement endommagé

**Arrondi tardif, atterrissage dur, rebond, en instruction**

1	Déroulement du vol .....	- 2 -
2	Renseignements sur l'avion .....	- 8 -
3	Renseignements sur les conditions météorologiques .....	- 10 -
4	Renseignements sur l'aérodrome .....	- 10 -
5	Renseignements sur l'exploitant de l'avion .....	- 16 -
6	Conclusions .....	- 29 -
7	Mesures prises par l'exploitant .....	- 33 -
8	Recommandations de sécurité .....	- 34 -

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

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

## 1 DÉROULEMENT DU VOL

*Note : Les informations suivantes sont principalement issues des enregistreurs de vol CVR et FDR, des témoignages, des enregistrements des radiocommunications, des données radar et des caméras de surveillance de l'aéroport.*

L'équipage de conduite réalise le vol TO3943 au départ de Djerba (Tunisie) et à destination de Nantes – Atlantique (44), l'équipage est composé d'un commandant de bord (CDB), agissant en qualité d'instructeur (TRI) sur ce vol, et d'un copilote en phase d'adaptation en ligne (AEL). Le CDB est PM et le copilote est PF. Le copilote a repris les vols la veille de l'accident après une interruption de trois mois.

### 1.1 Croisière et arrivée

À 10 h 13, en croisière, l'équipage obtient, via ACARS, les dernières informations météorologiques des aéroports de destination et de décollage. Cinq minutes plus tard, le copilote évoque avec le commandant de bord son manque de confiance à l'atterrissage et précise qu'il ne souhaite pas reproduire le même atterrissage que la veille à Nantes au cours duquel le facteur de charge a atteint 1,7 g<sup>3</sup>. Le commandant de bord lui rappelle que son dernier atterrissage à Djerba avec 30 kt de vent de travers s'est déroulé sans problème.

À 10 h 25, en descente vers le FL 340, l'équipage débute le briefing « approche ». Celui-ci est interrompu par une communication ATC. L'équipage échange sur l'approche de non-précision RNP en piste 21 (voir § 4.2.2). Il mentionne en particulier le désaxement (« *offset* ») et le profil de la piste 21 en service (« *la bosse* ») comme menaces à l'approche et à l'atterrissage. Il aborde également les conditions météorologiques en indiquant qu'elles sont en amélioration au niveau du vent, avec moins de rafales. L'équipage n'évoque pas de stratégie pour la conduite de l'approche et l'utilisation des automatismes. Les mesures permettant d'atténuer les menaces identifiées pour l'arrondi ne sont pas répétées<sup>4</sup>.

À 10 h 41, le message ATIS écouté par l'instructeur confirme que la piste 21 est en service et indique une diminution de la visibilité à 4 800 m, une baisse du plafond à 600 ft en présence de pluie faible et de brume. Le vent est du 250 pour 10 à 17 kt. L'instructeur transmet ces informations au copilote qui précise que la piste sera visible « à *la dernière minute* ». Après vérification du copilote, l'instructeur confirme que l'atterrissage est possible à Nantes avec ces conditions météorologiques et en tenant compte de l'indisponibilité des feux à éclats simultanés encadrant le seuil de piste 21. L'équipage poursuit l'arrivée. À partir de 11 h, l'équipage configure l'avion pour l'atterrissage. La check-list avant atterrissage est effectuée après la sortie des volets 30°. Pendant cette check-list, la vitesse d'approche (Vapp) est calculée par l'équipage à partir des informations météorologiques à leur disposition, la Vapp retenue est de 156 kt.

À 11 h 03 min 21, treize secondes après l'annonce sonore de 2 500 ft radioaltimètre, le copilote prévient l'instructeur qu'il pilotera l'avion en manuel à partir de 2 000 ft, comme lors du vol de la veille, « à titre d'entraînement » après son interruption de vol. Environ vingt-cinq secondes plus tard, le copilote déconnecte le pilote automatique puis l'automanette et poursuit en pilotage manuel, en descente selon une route 220 comme le prévoit la procédure d'approche (voir **Figure 1**).

---

<sup>3</sup> Sauf mention contraire, les facteurs de charge énoncés dans le rapport sont ceux au niveau du centre de gravité de l'avion enregistrés dans le FDR.

<sup>4</sup> Le PF rappelle cependant lors du briefing que le CDB et lui ont déjà discuté de l'arrondi la veille à Nantes.

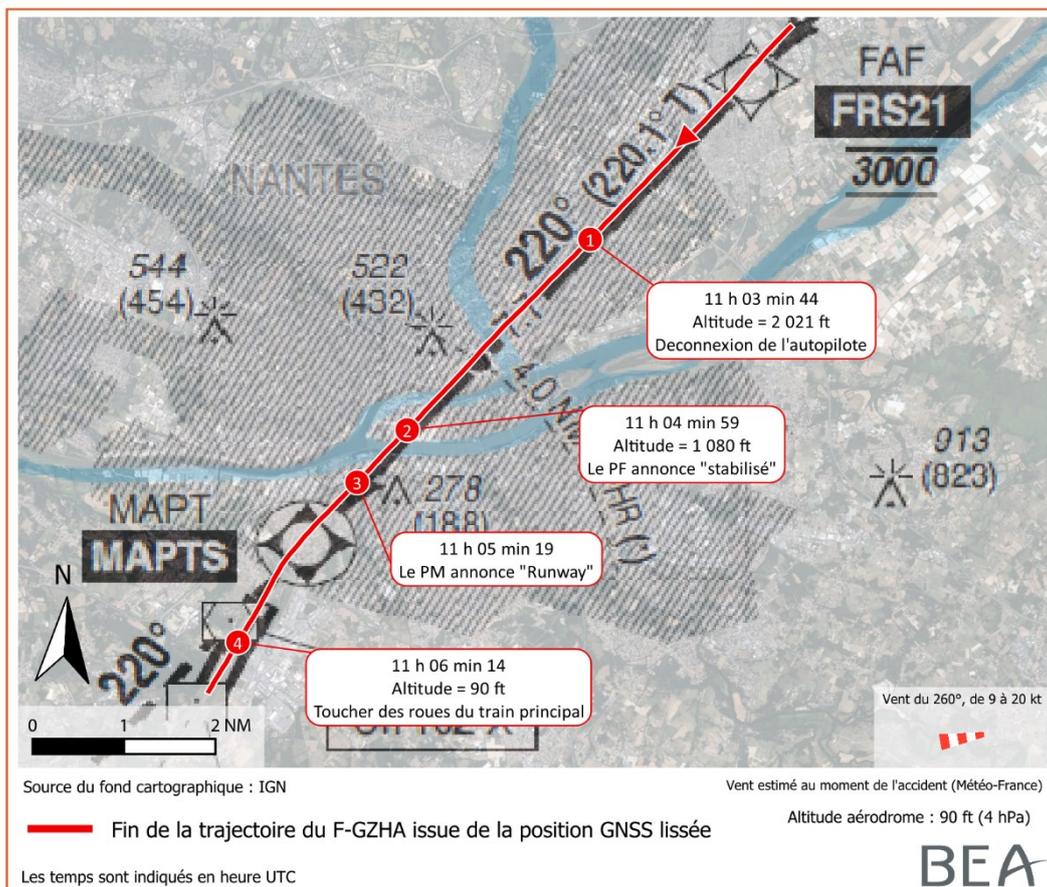


Figure 1 : trajectoire du F-GZHA lors de l'approche

À 11 h 04 min 16, l'équipage annonce qu'il passe à 4 NM du seuil 21 et le contrôleur Tour l'autorise à l'atterrissage. Le vent transmis par le contrôleur Tour est un vent du 260 pour 9 à 20 kt. À 11 h 04 min 59, en approchant 1 000 ft, le copilote annonce « stabilisé ». L'avion est alors sur le plan de descente et sur l'axe, en configuration atterrissage. Sa vitesse indiquée est de 158 kt, soit 2 kt de plus que la Vapp, le taux de descente est de 880 ft/min<sup>5</sup> et la poussée est stable à 57 %. Environ une minute après, l'instructeur annonce « runway » alors que l'avion se trouve à environ 800 ft et à 2 NM du seuil de piste 21.

À l'approche des minima et à environ 1,3 NM du seuil de piste 21, le copilote vire à gauche pour s'aligner.

## 1.2 Approche finale et atterrissage

Le copilote maintient l'axe de piste avec une correction de dérive inférieure à 5 degrés. Il indique qu'il contrôle le plan de descente à l'aide du PAPI. L'approche est stabilisée, avec une Vapp proche de celle calculée par l'équipage. En finale pour la piste 21, entre 500 et 100 ft, soit pendant environ trente secondes, l'instructeur demande à plusieurs reprises au copilote d'appliquer des corrections pour maintenir l'axe de piste. Lors de cette période, la trajectoire de l'avion reste alignée sur l'axe de piste et le plan. Les écarts de vitesse restent faibles.

<sup>5</sup> Cohérent avec les taux de descente indiqués sur la carte d'approche.

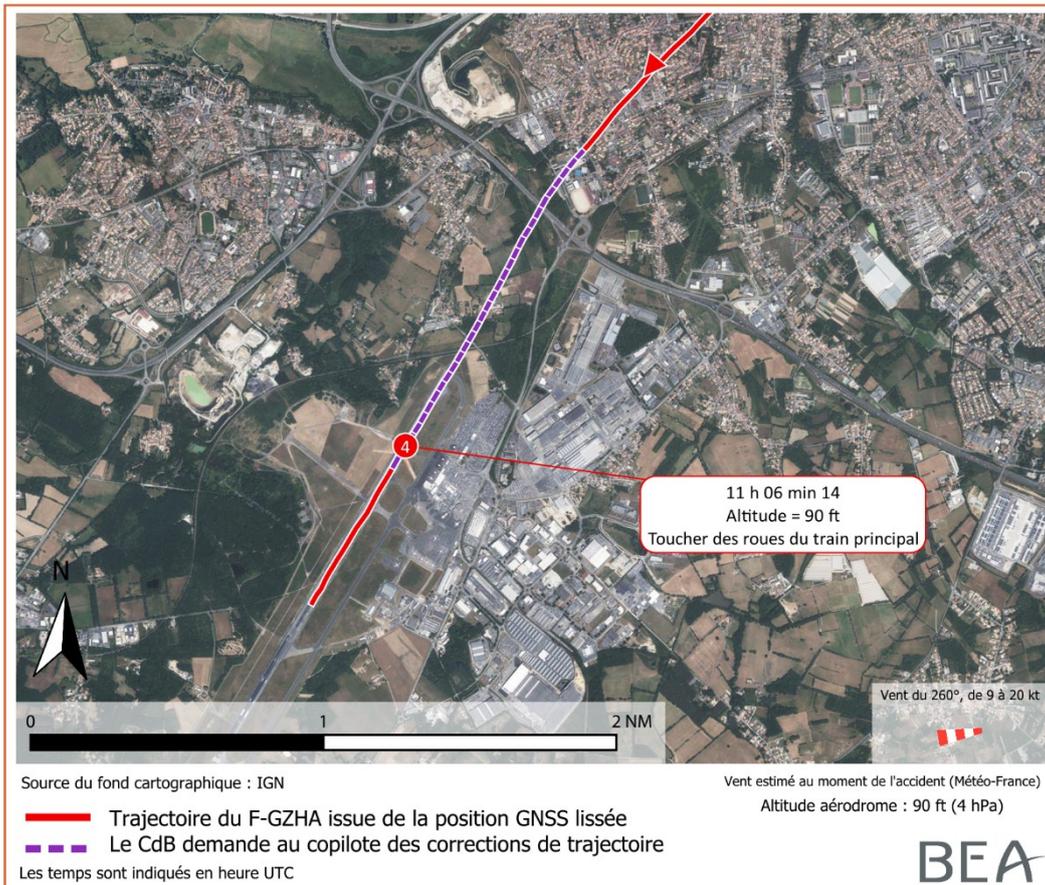


Figure 2 : trajectoire finale du F-GZHA

Au passage du seuil de piste 21, à 11 h 06 min 10, l'avion est à une hauteur de 50 ft avec une vitesse de 158 kt, supérieure de 2 kt à la Vapp, et en diminution (voir **Figure 3**, point ①). La dérive est d'environ 4 degrés, constante jusqu'au toucher des roues, et l'avion est légèrement incliné à gauche. Le taux de descente est d'environ 800 ft/min. L'avion est légèrement sous le plan de descente. En dessous de 50 ft de hauteur, juste avant l'arrondi, le vent est de face et décroissant.

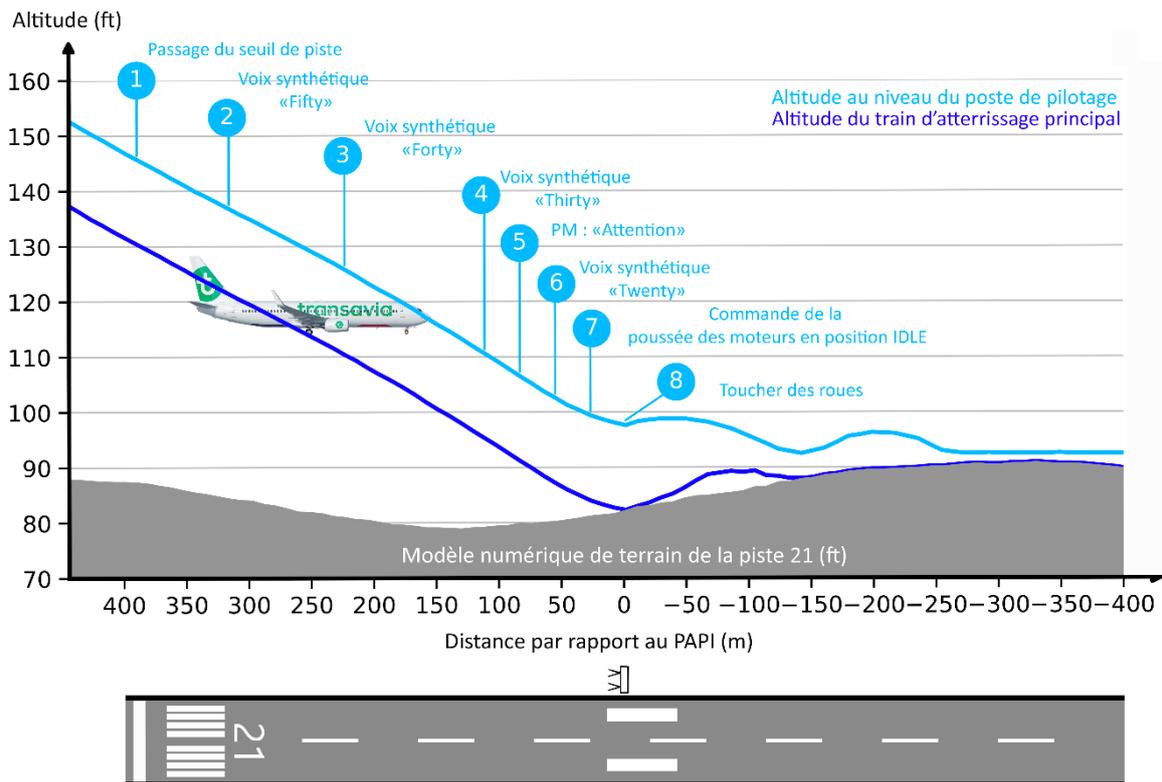


Figure 3 : profil vertical de l'atterrissage (Source : BEA)

Pendant toute l'approche finale et jusqu'au point 8, la poussée reste stable à 57 % de N1.

Peu après l'annonce « forty » de la voix synthétique (point 3), à environ 170 m du PAPI, le copilote applique une légère action à cabrer<sup>6</sup> (voir Figure 4, entre les points 3 et 4 5 6 7) qu'il accentue franchement deux secondes plus tard à environ 120 m du PAPI<sup>7</sup> (peu avant le point 4)

<sup>6</sup> Deux degrés de mouvement du manche à cabrer en moins d'une seconde.

<sup>7</sup> Neuf degrés de mouvement du manche à cabrer en moins d'une seconde.

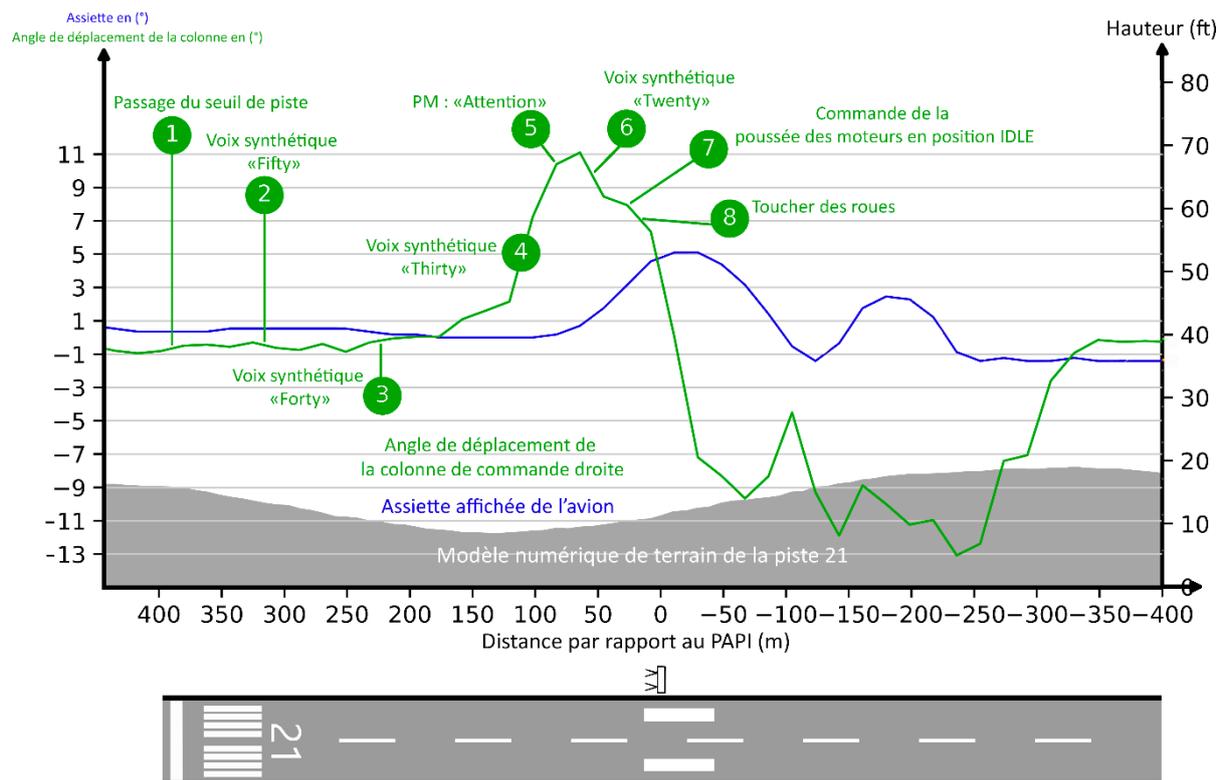


Figure 4 : angle du déplacement de la colonne et assiette de l'avion (Source : BEA)

L'avion commence à évoluer au-dessus de la partie montante de la piste, à environ 110 m du début des marques de point cible. La vitesse est inférieure de 2 kt à la Vapp, toujours en diminution, la poussée est toujours stable à 57 % de N1. Peu après l'annonce « thirty » (voir **Figure 4**, point ④), l'instructeur annonce « attention » (point ⑤). L'assiette, qui était stable et proche de 0°, commence à augmenter. Moins d'une seconde plus tard, après l'annonce « twenty » (point ⑥), à environ 30 m des marques de point cible, le copilote place les manettes de poussée en position IDLE. L'assiette de l'avion est d'environ 3° en augmentation.

### 1.3 Toucher des roues et rebond

Le train d'atterrissage principal entre en contact avec la piste sur les marques de point cible<sup>8</sup>, dans la partie montante de la piste<sup>9</sup>. Le toucher a lieu avec une assiette d'environ 5 degrés (voir point ⑧) et à un facteur de charge de 2,95 g (voir **Figure 5**). La poussée est proche de 50 % comme lors de l'approche et en diminution.

<sup>8</sup> Le PAPI est situé à gauche de la piste, au droit des marques de point cible.

<sup>9</sup> Le relevé de la piste indique à cet endroit une pente de 1,37 % (0,78 degrés).



Figure 5 : trajectoire finale, arrondi et toucher des roues

Lors du contact des roues des trains principaux avec la piste, les *spoilers* se déploient. L'équipage est surpris par la violence du contact avec la piste. L'avion rebondit et l'instructeur applique instinctivement une action à piquer d'environ trois quarts du débattement maximal possible<sup>10</sup>, sans annoncer la reprise des commandes au copilote.

<sup>10</sup> Environ 10 degrés pour une amplitude maximale de 13,75 degrés.

Lors du rebond qui dure moins d'une seconde, le facteur de charge enregistré diminue jusqu'à 0,2 g et le taux de tangage atteint environ 8 degrés par seconde à piquer en raison de l'action de l'instructeur. Puis, ce dernier relâche son action à piquer.

Les trains d'atterrissage droit et avant entrent en contact avec la piste (facteur de charge enregistré à 2,17 g), toujours dans sa partie montante (pente d'environ 1,32 %). Les deux pneus du train d'atterrissage avant éclatent et se désolidarisent des jantes. Lors du second contact avec la piste, l'assiette de l'avion est de 1,4 degré à piquer. Le train principal gauche entre en contact avec la piste peu après les deux autres trains. Le facteur de charge augmente jusqu'à 2,2 g. L'instructeur applique à nouveau une action à piquer jusqu'en butée, dès que l'avion se retrouve à nouveau au sol. De son côté, le copilote déploie les inverseurs de poussée. L'avion poursuit le roulage sur la piste, en restant sur l'axe.



Figure 6 : impacts des trains d'atterrissage (Source : Transavia)

À 11 h 07 min 07, le contrôleur aérien informe l'équipage de la perte des deux pneus du train d'atterrissage avant lors du contact avec la piste. Quelques secondes plus tard, l'instructeur vire sur la gauche et immobilise l'avion sur la voie de circulation B après avoir dégagé la piste.

Un bruit fort et inhabituel est entendu au CVR pendant tout le roulage jusqu'à l'immobilisation de l'avion.

L'équipage évalue la situation et s'assure qu'aucun passager ou membre d'équipage n'est blessé. Le débarquement des passagers est organisé par les portes avant et arrière de l'avion.

## 2 RENSEIGNEMENTS SUR L'AVION

### 2.1 Généralités

Le Boeing 737-800 immatriculé F-GZHA a été intégré à la flotte de Transavia France le 18 mai 2007.

Sa dernière visite majeure de maintenance a été effectuée le 25 février 2022 et la dernière visite mineure le 22 juin 2022. Le jour de l'événement, il totalisait 50 263 heures de vol.

## 2.2 Dommages

Les deux pneus du train d'atterrissage avant ont éclaté et ont été éjectés lors du premier contact avec le sol (voir **Figure 7**).

Les jantes du train d'atterrissage avant sont rompues entre la zone d'assise du talon et les rebords des jantes (voir **Figure 8** et **Figure 9**). Ces derniers ont également été éjectés entre le point de contact avec le sol et l'arrêt de l'appareil.



Figure 7 : pneu éclaté (Source : BEA)

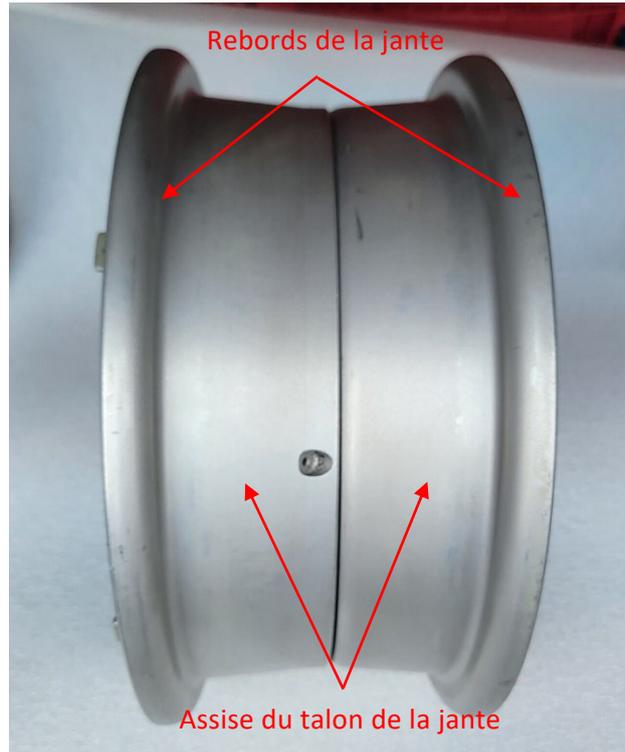


Figure 8 : jante neuve (Source : BEA)



Figure 9 : roues rompues du train d'atterrissage avant (Source : BEA)

Le train d'atterrissage avant est endommagé en plusieurs endroits et son caisson est déformé. Le cadre de l'avion situé au droit du train avant est déformé. La cellule ainsi que les moteurs portent plusieurs traces d'impacts, très probablement causés par des éléments des roues et des pneus lors de leur séparation (voir **Figure 10** et **Figure 11**).



Figure 10 : exemple de dommage observé sur la cellule (Source : BEA)



Figure 11 : exemple de dommage observé sur les moteurs (Source : BEA)

Certains endommagements ont nécessité des réparations. C'est le cas du train d'atterrissage avant, de son caisson, ainsi que de certains cadres structurels de l'avion localisés à proximité. Plusieurs impacts, causés par des projections de débris consécutifs à la rupture des roues avant, ont également donné lieu à des réparations.

Boeing a estimé, par calcul à l'aide du modèle avion, que le train d'atterrissage avant a subi un facteur de charge local de 6,5 g (+/-20 %) lors du contact avec la piste.

### 3 RENSEIGNEMENTS SUR LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Le département de la Loire-Atlantique se trouvait dans le secteur chaud à l'arrière d'un front chaud, avec de l'air doux et humide en basses couches, un ciel couvert en stratus et des passages de pluies et bruines.

Les conditions météorologiques observées à 11 h 06 par les services de Météo-France sur l'aéroport de Nantes – Atlantique étaient les suivantes :

- vent moyen (2 minutes) au sol du 260 pour 10 kt, rafales à 17 kt ;
- visibilité supérieure à 10 km ;
- ciel couvert à une hauteur de 700 ft ;
- température de 18 °C, température du point de rosée de 17 °C ;
- turbulence faible.

### 4 RENSEIGNEMENTS SUR L'AÉRODROME

#### 4.1 Certification et conditions d'exploitation des aérodromes

##### 4.1.1 Base de certification

En Europe, les aérodromes certifiés répondent à un ensemble d'exigences techniques applicables selon les modalités du règlement européen consolidé (UE) 2018/1139<sup>11</sup>. Les exigences de conception nommées spécifications de certification (CS) sont émises par l'AESA.

L'Annexe 14 de l'OACI spécifie un code de référence permettant la classification d'un aérodrome. Ce code a été repris dans la réglementation émise par l'AESA (exigence CS ADR-DSN.A.005).

<sup>11</sup> Règlement du 4 juillet 2018 concernant des règles communes dans le domaine de l'aviation civile et instituant une Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

Pour l'aérodrome de Nantes – Atlantique, le code de référence est 4-E. Ce code signifie que les avions ayant une distance d'atterrissage supérieure à 1 800 m (chiffre 4) et une envergure supérieure ou égale à 52 m sans dépasser 65 m (lettre E) peuvent l'utiliser. En prenant en compte la distance d'atterrissage et l'envergure du 737, celui-ci peut utiliser l'aérodrome de Nantes – Atlantique sans contrainte.

La classification 4-F impose un certain nombre d'exigences à respecter pour l'exploitation de la piste.

#### **4.1.2 Exigences relatives aux pentes longitudinales sur une piste**

Les pentes et changements de pente des pistes doivent répondre à des conditions pour réduire les charges au niveau des trains d'atterrissage, permettre l'utilisation sûre de la piste par les aéronefs et garantir une ligne de vue dégagée sur la totalité ou la plus grande partie possible de la piste.

##### **Pentes longitudinales des pistes (CS ADR-DSN.B.060)**

La pente moyenne calculée en divisant la différence entre l'élévation maximale et minimale le long de l'axe de la piste par la longueur de la piste ne devrait pas dépasser 1 % pour les aérodromes de la catégorie de Nantes – Atlantique. La pente longitudinale ne devrait pas dépasser 0.8 % sur le premier et le dernier quart de la piste et 1,25 % sur le reste de la piste.

##### **Changement de pentes longitudinales le long d'une piste (CS ADR-DSN.B.065)**

Lorsque les changements de pente ne peuvent être évités, le changement de pente entre deux pentes consécutives ne doit pas dépasser 1,5 % pour les aérodromes de la catégorie de celui de Nantes – Atlantique. Le passage d'une pente à l'autre doit se faire par une surface courbe dont le taux de variation n'excède pas 0,1 % par 30 m (rayon de courbure minimal de 30 000 m).

##### **Distance de visibilité des pentes sur les pistes (CS ADR-DSN.B.070)**

L'objectif de sécurité des valeurs minimales de la distance de visibilité sur la piste est d'obtenir la visibilité nécessaire pour permettre à un aéronef d'utiliser la piste en toute sécurité.

Lorsque les changements de pente longitudinale sur les pistes ne peuvent être évités, ceux-ci devraient être tels que pour tout point situé à 3 m au-dessus d'une piste, celui-ci soit visible de tout autre point situé également à 3 m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste.

##### **Distance entre les changements de pente sur les pistes (CS ADR-DSN.B.075)**

Les ondulations ou les changements appréciables de pente situés à proximité les uns des autres le long d'une piste doivent être évités.

#### **4.1.3 Conditions spéciales**

Quand les exigences de certification ne peuvent être satisfaites et que des non-conformités sont identifiées, des conditions spéciales peuvent être mises en place si l'autorité juge que les spécifications de certification sont inadéquates ou inappropriées à l'aérodrome concerné (exigence ADR.AR.C.025 du règlement européen consolidé (UE) n° 139/2014<sup>12</sup>).

---

<sup>12</sup> Règlement de la Commission du 12 février 2014 établissant des exigences et des procédures administratives relatives aux aérodromes ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

Ces conditions spéciales n'ont pas de durée de validité. Elles contiennent les spécifications techniques, y compris les limitations ou procédures à respecter, pour garantir le respect des exigences essentielles du règlement (UE) 2018/1139<sup>13</sup>. Elles reposent notamment sur des études de sécurité réalisées par l'exploitant aéroportuaire et sont ensuite approuvées, en France, par la DSAC.

Trois critères sont définis par l'exigence ADR.AR.C.025 pour justifier la mise en place de conditions spéciales:

- limitations physiques, topographiques ou similaires en lien avec l'emplacement de l'aérodrome ;
- aérodrome présentant des caractéristiques de conception nouvelles ou inhabituelles ;
- sécurité potentiellement menacée d'après l'expérience tirée de l'exploitation de l'aérodrome ou d'autres aérodromes présentant des caractéristiques de conception similaires.

La piste 03/21 de l'aérodrome de Nantes – Atlantique fait l'objet de conditions spéciales (voir § 4.2).

#### 4.1.4 Approche finale

Les critères<sup>14</sup> pour la conception des procédures de vol aux instruments et des règles de détermination des minimums opérationnels associés prévoient que « *dans le cas d'une approche directe, l'approche finale et son guidage sur trajectoire sont, dans toute la mesure du possible, alignés sur la piste. Une approche finale décalée augmente la complexité du pilotage. Une telle approche ne doit donc être prévue que lorsque des problèmes d'implantation ou d'obstacles ne donnent pas le choix. Une trajectoire d'approche finale décalée ne doit pas être établie à titre de mesure antibruit.* »

## 4.2 Renseignement sur l'aéroport de Nantes – Atlantique

L'aéroport de Nantes – Atlantique dispose d'une piste 03-21 revêtue d'une longueur de 2 903 m et d'une largeur de 45 m, équipée de balisages axial, latéral et d'extrémités de piste de haute intensité. Les distances indiquées dans la publication d'information aéronautique (AIP) pour la piste 21 sont les suivantes :

- longueur utilisable à l'atterrissage (LDA) = 2 690 m (seuil décalé de 212 m) ;
- longueur de roulement utilisable au décollage (TORA) = 2 900 m ;
- longueur utilisable au décollage (TODA) = 2 960 m ;
- longueur utilisable pour l'accélération arrêt (ASDA) = 2 960 m.

### 4.2.1 Caractéristiques de la piste 21

La piste 03/21 de l'aéroport de Nantes – Atlantique a un profil de piste avec différentes pentes successives.

---

<sup>13</sup> Voir § 4.1.1

<sup>14</sup> Recueil des critères pour la conception des procédures de vol aux instruments et des règles de détermination des minimums opérationnels associés, Partie 1, section 4, Chapitre 5, 5.2.1 du Document 8168 de l'OACI.

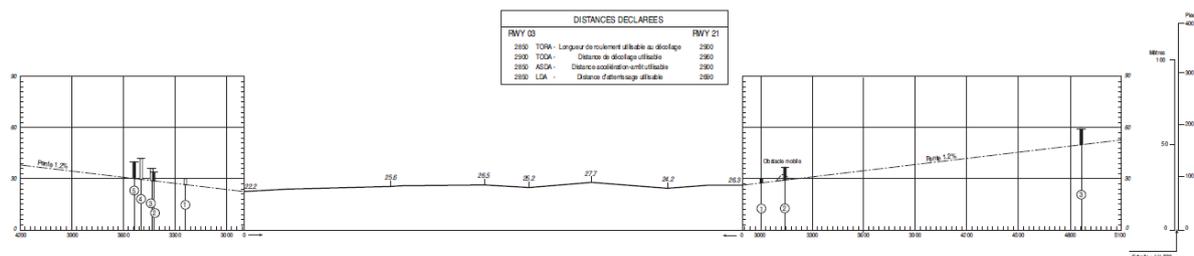


Figure 12 : [profil de la piste 03/21](#) (Source : SIA)

À partir du relevé réalisé par l'exploitant de l'aéroport en 2022 (voir **Figure 13**Figure 13), en partant de l'extrémité de piste 21 vers le seuil 03, la piste est :

- légèrement montante pendant 133 m (pente de 0,40 %) ;
- descendante pendant 310 m (pente de 0,80 % avec un maximum de 1,37 % à 323 m du seuil 21) ; puis
- montante sur 460 m (pente de 0,77 % avec un maximum de 1,75 % à 643 m du seuil 21), puis descendante à nouveau.

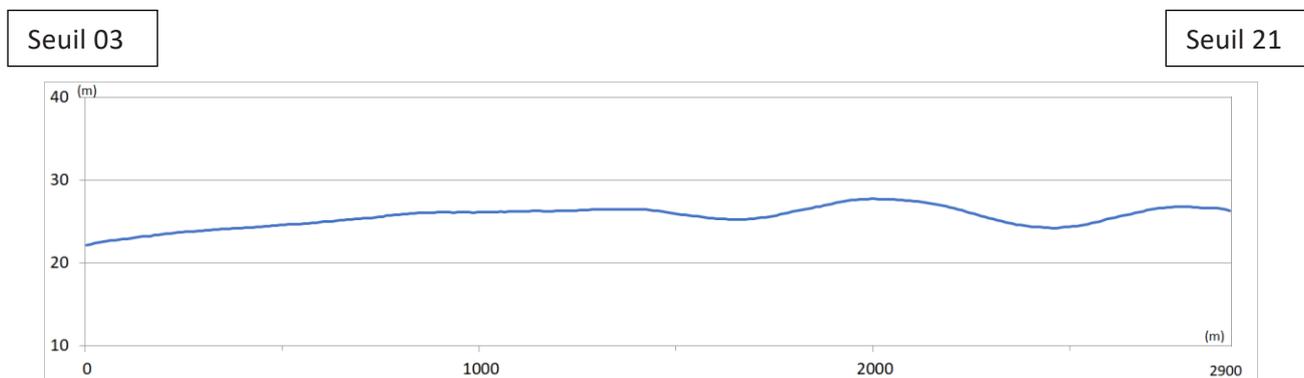


Figure 13 : [profil altimétrique de la piste du seuil 03 au seuil 21](#)  
(Source : relevé piste réalisée par l'exploitant de l'aéroport en 2022)

Cette succession de pentes matérialise, au niveau de la zone des marques de point cible qui débute à 380 m du seuil de piste 21, ce qui est perçu comme une « bosse » par les pilotes.

#### 4.2.2 Approche RNP21

La procédure d'approche aux instruments RNP pour la piste 21 à l'aéroport de Nantes – Atlantique est une approche de non-précision qui ne prend en compte qu'un guidage latéral (minima LNAV).

L'approche en piste 21 présente la particularité de survoler la ville de Nantes. Si le relief dans l'axe d'approche est relativement plat, certains édifices, comme la tour Bretagne dans le centre-ville de Nantes, conditionnent le plan de descente et les altitudes minimales de cette approche.

L'altitude minimale de descente (MDA) est fixée à 530 ft<sup>15</sup> pour les avions de catégorie C, dont fait partie le Boeing 737-800. Le point d'approche interrompue (MAPt, désigné MAPTS sur la carte) est situé à 1 NM en amont du seuil de piste 21.

<sup>15</sup> Il est à noter que depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2023, la MDA est fixée à 830 ft pour les avions de catégorie C.



### 4.2.3 Dérogation d'exploitation

La piste 03/21 fait l'objet de conditions spéciales afin de pouvoir être exploitée. Ces conditions spéciales ont été élaborées sur la base d'une étude de sécurité réalisée par l'exploitant aéroportuaire Vinci. Ces conditions spéciales sont regroupées dans une décision qui a été signée par la DSAC. Cette étude de sécurité précise les particularités du profil de la piste 03/21, notamment sur la bande partant du milieu de piste jusqu'au seuil 21 et identifie les non-conformités de la piste qui feront l'objet de conditions spéciales.

La dernière étude de sécurité produite par Vinci<sup>17</sup> date de février 2015. Elle analyse les risques et définit des moyens à mettre en œuvre pour garantir la sécurité de l'exploitation des aéronefs lors des atterrissages et des décollages.

Selon cette étude, trois éléments ne sont pas conformes aux spécifications de certification relativement à la piste.

1. La pente longitudinale maximale de la piste est de 1.25 % sur une portion de piste située dans le dernier quart de la piste 03 ou, en d'autres termes, dans le premier quart de la piste 21 (voir **Figure 15**). Elle est supérieure à la pente prévue par l'exigence de certification, qui indique une pente maximale de 0,8 %.
2. Les valeurs des rayons de raccordement entre pentes successives sont inférieures à celles requises. Ces rayons peuvent ainsi augmenter les facteurs de charge verticaux à l'atterrissage ou au décollage pour les aéronefs ayant des vitesses d'atterrissage et de décollage élevées. Il est précisé qu'à la date de l'élaboration de l'étude de sécurité, aucun événement de sécurité ou de gêne lors d'atterrissage ou de décollage n'avait été rapporté à propos du profil de piste.

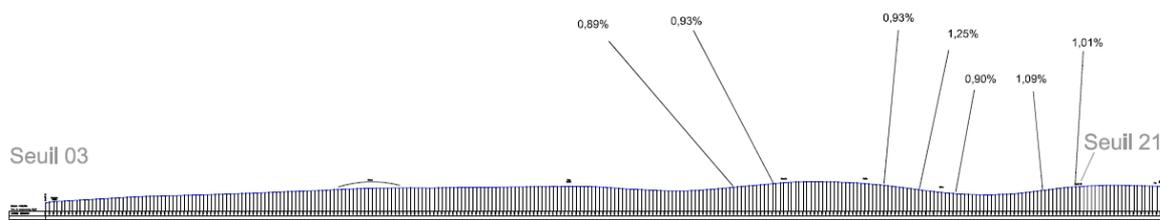


Figure 15 : profil de piste 03/21 à Nantes – Atlantique  
(Source : Étude de sécurité de l'exploitant 2015)

3. La distance de visibilité de la piste de l'aérodrome de Nantes – Atlantique ne répond pas aux critères exigés.

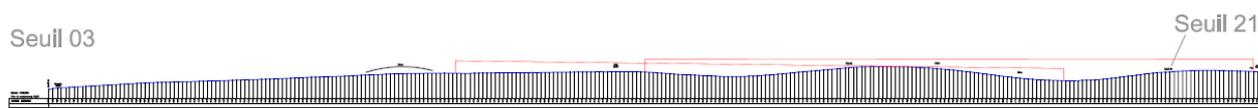


Figure 16 : distance de visibilité (Source : Étude de sécurité de l'exploitant réalisée en 2015)

<sup>17</sup> Étude de sécurité relative aux pentes longitudinales de piste, aux changements de pente longitudinale, aux rayons de raccordement, et à la distance de visibilité (SC-B.060-1-2015 – Pente de piste – Étude de sécurité, Aéroport Nantes – Atlantique - Vinci Airports).

Afin d'atténuer les risques liés aux trois points identifiés, Vinci a mis en place les mesures suivantes :

- publication du profil de piste dans l'AIP, sans toutefois mentionner que la piste fait l'objet de dérogations et pour quelles raisons ;
- suivi des retours d'expérience (REX) des pilotes ;
- suivi des événements.

La conclusion de l'étude de sécurité indique par ailleurs que « *compte tenu de l'absence d'événements identifiant les non-conformités<sup>18</sup> (par ailleurs connues des équipages fréquentant l'aérodrome), de l'information des équipages par le biais des publications aéronautiques et de l'absence d'approche de précision sur le QFU 21, un niveau acceptable de sécurité est maintenu et les exigences essentielles sont respectées. La pente et les changements de pentes de l'aire d'atterrissage et de décollage n'engendrent pas de risque inacceptable pour les aéronefs.* »

Durant les cinq années précédant l'accident, aucune notification d'atterrissage dur sur l'aéroport de Nantes – Atlantique n'a été reçue par les services de la navigation aérienne ou l'exploitant aéroportuaire.

L'exploitant de l'aéroport de Nantes – Atlantique organise annuellement une réunion LRST (*Local Runway Safety Team*) à laquelle participent les compagnies aériennes desservant l'aéroport. La thématique des atterrissages durs n'a pas été abordée au cours de ces réunions pendant les cinq années précédant l'accident.

L'étude de sécurité indique que la mise en conformité du profil de piste selon les spécifications de certification impliquerait la mise en place d'environ 90.000 m<sup>3</sup> de matériaux pour la piste seule (hors partie nivelée de la bande de piste et voies de circulation à rehausser) et nécessiterait la fermeture de l'aérodrome durant plusieurs mois.

Les informations collectées en cours d'enquête confirment que les compagnies aériennes, par l'intermédiaire de leurs équipages, ont connaissance des particularités du profil de la piste 21. Celles-ci ne font généralement pas l'objet d'informations spécifiques dans les fiches d'aérodrome à disposition des équipages.

## 5 RENSEIGNEMENTS SUR L'EXPLOITANT DE L'AVION

### 5.1 Renseignements sur l'équipage

#### 5.1.1 Commandant de bord

##### **Expérience**

Le CDB, âgé de 54 ans, est titulaire d'une licence ATPL(A) depuis le 14 décembre 2004. Il totalisait 13 075 heures de vol, dont 7 906 sur type et 121 dans les trois mois, toutes sur type. Il détenait les qualifications IR/ME et de type 737 300-900.

---

<sup>18</sup> Les non-conformités identifiées par l'étude de sécurité font l'objet de conditions spéciales signées par la direction technique de la DSAC.

Il détenait également la qualification d'instructeur de qualification de type (TRI) sur 737 300-900 depuis le 12 août 2019. En tant que TRI, il totalisait environ 1 080 heures de vol, dont 295 en simulateur. Il comptait quatre rotations sur les trois derniers mois en tant qu'instructeur de copilotes stagiaires en AEL, dont celle qui comprend l'étape du vol de l'accident. Sa base d'affectation est Paris-Orly. Résidant dans la région nantaise, il vole cependant régulièrement au départ et à l'arrivée à Nantes. Il a une très bonne connaissance de l'approche RNP21 et des particularités de la piste.

Il a effectué en moyenne cinq vols de supervision en tant que TRI par mois entre janvier et octobre 2022.

## **Témoignage**

Sur le vol de l'accident, le commandant de bord est instructeur. Il indique que le copilote lui a précisé, dès leur premier contact le 30 septembre, qu'il reprenait les vols après un arrêt maladie. Il précise qu'il a établi un cadre de confiance afin de permettre au copilote de reprendre ses marques après un long arrêt de vol.

Lors de la préparation des vols, le copilote était rapide et pertinent dans ses questions. Le CDB sentait que le copilote avait travaillé pendant cet arrêt.

La veille de l'accident, le 30 septembre, l'équipage devait réaliser les vols de Nantes vers Marseille puis Rennes, suivi d'un retour vers Marseille puis Nantes. Pour les deux premières étapes, l'instructeur était PF. Le copilote stagiaire était à l'aise en tant que PM. L'objectif était qu'il se réhabitue au vol commercial. Le copilote a fait les deux étapes suivantes en tant que PF. L'instructeur a trouvé que le copilote avait un niveau satisfaisant et n'a relevé aucun problème pour ces vols de reprises. Lors du vol retour à Nantes, l'approche RNP21 était en service. Ils ont effectué le briefing d'approche en identifiant, selon lui, chaque menace. Le copilote indiquait chaque fois le bon moyen d'atténuation ou de gestion.

L'instructeur précise que le copilote a bien géré l'énergie de l'avion et que son pilotage en manuel était bon. Il souligne que l'atterrissage à Nantes était un peu ferme et l'arrondi un peu tardif. Il indique qu'ils ont fait le débriefing à l'issue du vol de manière positive.

Le lendemain, samedi 1<sup>er</sup> octobre, les deux premières étapes prévues de la journée étaient un aller-retour Nantes Djerba. Le copilote était PF pour les deux vols. L'instructeur se souvient qu'il y avait un vent de travers de 30 kt environ lors de l'atterrissage en piste 09 à Djerba. Le copilote était très actif sur le pilotage pour contrer le vent de travers. L'arrondi s'est effectué un peu haut et l'avion s'est décalé sur la droite de la piste. Après avoir dégagé la piste, l'instructeur a félicité le copilote pour cet atterrissage par fort vent de travers. Il indique que normalement un copilote avec peu d'expérience sur le type avion est limité à 15 kt de vent de travers et que cette limitation est levée en cas d'instruction.

Pour le vol retour, le décollage de Djerba s'est bien déroulé. En croisière, ils ont eu des discussions techniques sur l'avion et le pilotage. Le copilote avait repris les commandes en manuel pendant l'approche, et l'instructeur précise que son pilotage était maîtrisé.

Il souligne qu'il a eu l'impression que l'avion était un peu haut au passage des 50 ft. Il a ensuite eu l'impression que le sol se rapprochait plus vite que d'habitude. Après le premier contact très dur, voyant que le manche était tiré vers l'arrière, l'instructeur a poussé vers l'avant pour éviter le « tail strike ». Un deuxième choc a eu lieu, plus fort que le premier selon lui. Il se souvient avoir alors repris le « steering » pendant que le copilote sortait les *reverses*. L'instructeur a ensuite dégagé la piste.

## 5.1.2 Copilote

### Expérience

Le copilote, âgé de 34 ans, est titulaire d'une licence CPL(A) depuis le 31 mars 2021. Il totalisait 448 heures de vol, dont 63 sur type et 12 dans les trois mois, toutes sur type et toutes réalisées le jour de l'accident et la veille. Il détenait les qualifications IR/SE et IR/ME, de type 737 300-900 et SEP(T). Le copilote était en phase d'AEL sur 737.

Le copilote détenait une aptitude médicale de classe 1, délivrée le 6 septembre 2022 et incluant l'obligation du port en vol d'un moyen de correction optique pour corriger la vision de loin (VDL).

Sur Boeing 737-800, il a effectué 24 atterrissages en tant que PF (incluant celui de l'accident) :

- 14 en mai dont 6 lors de vols hors ligne ;
- 8 en juin ;
- 2 la veille de l'accident dont un atterrissage par beau temps à Nantes en piste 21 sur une approche RNP21, avec un facteur de charge de 1,7 g.

L'atterrissage de l'accident était son second atterrissage à Nantes en tant que copilote PF.

### Formation

Le copilote a obtenu la licence PPL(A) en janvier 2012 puis la licence CPL(A) le 21 août 2019. Il a ensuite intégré la formation « cadet » du groupe Air France/Transavia au cours de laquelle il a suivi les formations pour les qualifications IR/SE, IR/ME, MEP, et MCC entre septembre 2019 et novembre 2020. Cette formation a été interrompue pendant quatre mois de juin à octobre 2020 en raison des conséquences de l'épidémie de la Covid-19.

Après l'obtention de la qualification MCC, sa formation a été interrompue pendant 11 mois, de nouveau en raison des conséquences de la pandémie Covid-19. Il a ensuite suivi la formation à la qualification de type en octobre 2021, qu'il a obtenue en janvier 2022. Après une interruption d'un peu plus de trois mois, il a suivi la formation Vol hors ligne (VHL) puis a commencé l'AEL en mai 2022.

Après avoir effectué une vingtaine d'étapes, le copilote a été mis en arrêt de travail pour maladie de deux mois du 23 juin au 24 août 2022.

Après un vol d'observation réalisé en septembre 2022, il a repris les vols d'AEL le 30 septembre 2022.

L'ensemble de sa formation satisfaisait aux exigences requises. Les différentes évaluations et appréciations des instructeurs étaient satisfaisantes.

### Témoignage

Le copilote indique que la veille du jour du vol de l'accident, il a repris les vols d'AEL après une interruption d'un peu plus de trois mois. La première journée comprenait quatre étapes. Les deux dernières étapes, sur lesquelles il était PF, se sont bien déroulées. Il ajoute que lors de l'approche RNP21 à Nantes, par beau temps, la « bosse » de la piste 21 lui a procuré une sensation bizarre et l'atterrissage lui a semblé un peu dur.

Il indique s'être levé vers 4 h du matin le jour de l'accident. Il était PF sur le premier vol à destination de Djerba. Il précise que, pour ce vol, il avait déconnecté le pilote automatique à 2 000 ft, une fois l'avion configuré pour l'atterrissage.

Il ajoute que pour le vol retour vers Nantes, l'instructeur et lui ont fait le briefing de l'approche RNP21 à Nantes en précisant les menaces associées : l'approche désaxée, la « bosse » de la piste 21, les conditions météorologiques et la prise en compte du vent.

Il précise avoir déconnecté le pilote automatique à 2 000 ft lors de l'approche à Nantes. Il indique que selon lui, ils ont vu tardivement la piste 21 à environ 1 NM du seuil de piste. Il précise qu'il avait prévu d'enlever le directeur de vol (FD) au moment du dernier virage pour l'alignement sur la piste, mais il ne souvient pas l'avoir fait ni si le FD était toujours actif pendant la finale.

Il a aligné l'avion sur l'axe. L'approche était stabilisée. Il précise qu'il a eu la sensation d'être assez haut en passant le seuil et se souvient que les annonces de la radiosonde ont défilé un peu plus vite que d'habitude. Il souligne que la « bosse » de la piste 21 l'a perturbé lors de l'approche.

Le toucher a été très dur et il a eu l'impression qu'il se passait quelque chose dans le manche, comme si on l'empêchait de tirer. Il se souvient avoir entendu un bruit relativement fort et que tout de suite après il a eu beaucoup de vibrations sur le train avant. L'instructeur a alors dit « Je suis PF ». Le copilote précise qu'il était très concentré pour garder la trajectoire. Ils ont ensuite indiqué au contrôleur aérien qu'ils sortaient par la voie de circulation « B » puis une fois la piste dégagée, ont mis le frein de parking.

Ils ont alors fait un briefing en vérifiant les paramètres de l'avion. Puis ils ont échangé avec le chef de cabine pour procéder au débarquement des passagers.

Il précise que l'arrêt de travail qu'il a eu entre juin et août 2022 n'avait pas de lien avec la formation d'AEL.

## 5.2 Manuel d'exploitation

### 5.2.1 Classification des aérodromes

Le Manex de la compagnie Transavia, partie OM-C, indique que la classification des aéroports est déterminée par la complexité de ceux-ci. Les aéroports les moins exigeants sont ceux de la catégorie A ; les catégories B, et C sont des aéroports progressivement plus exigeants.

La classification de l'aéroport est retenue selon les critères suivants :

#### ➤ Catégorie A

Un aéroport qui satisfait à toutes les exigences suivantes :

- procédure aux instruments approuvée ;
- au moins une piste sans procédure à performances limitées pour le décollage et/ou l'atterrissage ;
- minima d'approche indirecte publiés ne dépassant pas 1 000 ft au-dessus du niveau de l'aérodrome ;
- possibilité d'effectuer des opérations de nuit.

#### ➤ Catégorie B

Aéroport qui ne satisfait pas aux exigences de la catégorie A ou qui nécessite des considérations supplémentaires telles que :

- minima d'approche indirecte publiés supérieurs à 1 000 ft au-dessus du niveau de l'aérodrome, ou
- des aides à l'approche et/ou des schémas d'approche non standard, ou
- des conditions météorologiques locales inhabituelles, ou
- des caractéristiques ou des limitations de performances inhabituelles, ou
- toute autre considération pertinente, y compris les obstructions, la configuration, l'éclairage, etc.

Les aéroports des catégories C sont plus exigeants que les catégories A et B.

De plus, la catégorie d'aéroport peut être suivie d'une extension pour des particularités spécifiques à l'aéroport telles que :

- un niveau d'expérience minimum de l'équipage requis ;
- des informations opérationnelles supplémentaires disponibles dans le chapitre 6 « Airport Briefing » de l'OM-C (applicable uniquement pour les aéroports de catégorie A) ;
- un aéroport à piste courte ;
- la désignation de l'équipage par le chef pilote de la division.

Dans le Manex de la compagnie, l'aéroport de Nantes – Atlantique est classé B.

### 5.2.2 Briefing approche

Selon le Manex de la compagnie (partie OM-B - 2.6.4.2.2), avant le début d'une approche aux instruments, l'ensemble des informations relatives à l'arrivée et à l'approche (conditions environnementales, état des systèmes, trajectoires, gestion des automatismes, etc.) est détaillé par le PF au PM au cours du briefing approche.

Le manuel indique que l'accent doit être mis sur les menaces éventuelles, l'évaluation des risques et les mesures d'atténuation associées.

En cas d'approche RNP, un complément de briefing est requis pour vérifier les éléments suivants :

- les équipements requis ;
- le codage de l'approche et la cohérence avec la carte LIDO ;
- la revue des automatismes ;
- les procédures en cas de dégradation des performances de navigation ;
- les conditions de remise de gaz.

### 5.2.3 Reprise des commandes

Le Manex de la compagnie (partie OM A - 8.3.1.G.2) indique que si un CDB n'est pas satisfait de la manière dont le pilote sous son commandement gère le vol, des instructions verbales suffisent normalement à remédier à la situation.

Toutefois, pendant les phases critiques du vol, il se peut qu'il n'y ait pas le temps d'attendre une réponse. Le CDB doit alors prendre immédiatement le contrôle de l'aéronef en annonçant « I have control ».

### 5.2.4 Conditions du pilotage manuel

Le Manex de la compagnie (partie OM A - 8.3.1.P.2) indique que lorsque les conditions le permettent, l'équipage de conduite est autorisé à exercer ses compétences en matière de pilotage manuel dans le cadre d'opérations normales. Le vol manuel et les manœuvres doivent être adaptés à la situation donnée et tenir compte des éléments suivants :

- phase de vol ;
- charge de travail de l'équipage versus fatigue de l'équipage ;
- espace aérien ;
- connaissance du terrain ;
- conditions météorologiques ;
- densité du trafic et procédures ATC ;
- expérience de l'équipage.

Toute intention d'effectuer une phase d'approche sans pilote automatique, sans automanette et/ou sans directeur de vol doit être planifiée en tenant compte des conditions mentionnées et faire l'objet d'un briefing.

### 5.2.5 Approches de non-précision

Lors d'une approche RNP avec des minima LNAV sur un aéronef non équipé de navigation d'approche intégrée (IAN<sup>19</sup>), ce qui était le cas du F-GZHA, aucune indication de distance et de source n'est affichée sur le PFD. Le manuel d'exploitation précise ainsi que pour permettre la vérification finale de la trajectoire de descente par rapport aux cartes d'approche, le point de fin de descente peut être inséré par l'équipage dans le CDU. La distance de référence est alors disponible directement sur le CDU.

Pendant le vol, les automatismes (pilote automatique, automanette et directeurs de vol) doivent être utilisés au niveau le plus approprié pour améliorer la sécurité du vol et le confort des passagers. L'utilisation de l'automatisation réduit la charge de travail de l'équipage de conduite, permet de consacrer plus de temps à la surveillance des instruments, améliore la connaissance de la situation (conditions météorologiques et terrain) et garantit ainsi la sécurité de l'exploitation. Il est également précisé que pour les approches de non-précision, le vol avec les automatismes est la méthode à privilégier. Le Manex de la compagnie (partie OM-B 2.7.1) indique que la déconnexion du pilote automatique puis de l'automanette devrait avoir lieu au plus tard entre 1 et 2 NM du seuil de piste ou à une hauteur comprise entre 300 et 600 ft, indépendamment des spécificités de l'approche, y compris en cas de désaxement par rapport à l'axe de piste.

De plus, le FCTM de Boeing souligne que pendant les approches non-ILS, l'utilisation du pilote automatique permet d'améliorer la précision du suivi du cap et de la trajectoire verticale, de réduire la probabilité de déviations involontaires en dessous de la trajectoire ; tout en fournissant les différentes alertes du pilote automatique ainsi que les défaillances des modes engagés.

Le FCTM recommande l'utilisation du pilote automatique jusqu'à ce qu'une référence visuelle appropriée soit établie en approche finale.

### 5.2.6 Stabilisation d'approche

Le Manex de la compagnie précise que toutes les approches doivent être stabilisées à 1 000 ft au-dessus de l'altitude de l'aérodrome. Il indique qu'une approche est considérée comme stabilisée lorsque tous les critères suivants sont remplis :

- l'avion est sur la bonne trajectoire de vol ;
- seuls de petits changements de cap et de tangage sont nécessaires pour maintenir la trajectoire de vol correcte ;
- l'avion doit être à la vitesse d'approche. Des écarts de +10 kt à -5 kt sont acceptables si la vitesse de l'avion tend vers la vitesse d'approche ;
- l'avion est en configuration d'atterrissage ;
- le taux de descente n'est pas supérieur à 1 000 ft/min ; si une approche nécessite un taux supérieur à 1 000 ft/min, un briefing spécial doit être effectué ;
- le réglage de la poussée est approprié à la configuration de l'avion ;
- tous les briefings et toutes les check-lists ont été effectués.

---

<sup>19</sup> *Integrated Approach Navigation*. L'IAN tire des informations d'un type d'approche sélectionné dans la base de données du calculateur de gestion de vol (FMC) pour générer une trajectoire de descente depuis le repère d'approche finale jusqu'au seuil de la piste. Ce faisant, il affiche des repères visuels similaires à ceux du système d'atterrissage aux instruments (ILS). Le guidage de la trajectoire de vol provient du FMC, des moyens de radionavigation ou d'une combinaison des deux.

Il est précisé qu'au cours d'une approche indirecte et d'un circuit de circulation à vue, les ailes doivent être à l'horizontale en finale lorsque l'avion atteint la hauteur de 500 ft.

Les procédures d'approche nécessitant un écart par rapport aux éléments ci-dessus doivent faire l'objet d'un briefing spécial.

### 5.3 Technique d'atterrissage

#### 5.3.1 Généralités

En règle générale, l'arrondi est considéré comme une phase du vol difficile à apprendre et à enseigner, pour plusieurs raisons. Sa durée par rapport à la durée d'un vol laisse peu de temps pour enchaîner les exercices associés. De plus, de nombreux éléments (direction et intensité du vent, pente de la piste, type d'avion, etc.) peuvent perturber l'arrondi. Deux points sont particulièrement importants : quand commencer l'arrondi, et comment arrondir. Certains manuels établis par les constructeurs d'avions à l'attention des pilotes fournissent des conseils pour gérer cette phase de vol.

Du point de vue des infrastructures aéroportuaires, selon le type d'avion, le début des marques de point cible coïncide avec l'origine de la pente d'approche de l'indicateur visuel, le PAPI en l'occurrence pour la piste 21 à Nantes – Atlantique. En visant ces marques de point cible ou le PAPI, et sans arrondi, le train d'atterrissage principal entre en contact avec la piste en amont de ces marques de point cible, environ 100 m en amont pour un Boeing 737.

#### 5.3.2 Techniques d'arrondi

Les informations détaillées dans le FCTM de Boeing et relatives à l'atterrissage sont basées sur des pistes dont les marques de point cible sont situées à 300 m du seuil de piste et dont la pente d'approche est de 3 degrés. Les pratiques et techniques pour l'atterrissage décrites dans ce manuel ont pour objectif d'aider les pilotes (utilisation du balisage d'approche, contrôle de l'avion lors d'atterrissages par vent de travers, contrôle au sol). Il fournit également des indications sur les facteurs affectant la distance d'atterrissage et la géométrie des atterrissages.

Le FCTM recommande de planifier suffisamment tôt la déconnexion du pilote automatique et de l'automanette pour laisser du temps aux pilotes de reprendre le contrôle de l'avion avant de débiter l'arrondi (environ 1 à 2 NM avant le seuil de piste ou à une hauteur comprise entre 300 et 600 ft au-dessus du seuil de piste).

L'approche doit être stabilisée (vitesse, plan et trim) avant l'atterrissage. Lorsque le seuil de piste passe sous le nez de l'avion, le regard du pilote doit être porté le plus loin possible, « *to the far end of the runway* ». Cette transition du regard facilite le contrôle de l'assiette lors de l'arrondi.

Selon le manuel, en approche finale sur un plan de 3 degrés, en configuration atterrissage avec les volets 30 et à  $V_{REF} + 5kt$ , l'assiette du Boeing 737-800 est comprise entre 2 et 4 degrés, réduite de 1 degré par tranche de 5 kt au-dessus de  $V_{REF} + 5 kt$  (voir **Figure 17**). L'arrondi doit être amorcé à partir d'une hauteur de 20 ft (radiosonde) au-dessus de la piste en augmentant l'assiette de 2 à 3 degrés (voir **Figure 18**) Cette action permet de réduire le taux de descente. L'assiette doit ensuite être ajustée pour maintenir le taux de descente. Dans le même temps, le pilote commence la réduction de poussée. Les manettes de poussée doivent ensuite être amenées de manière souple et continue vers la position ralenti (IDLE), pour faciliter le contrôle au manche du couple à piquer généré par la réduction de poussée. Les manettes de poussée devraient atteindre la position IDLE lorsque le train d'atterrissage principal entre en contact avec le sol.



Figure 17 : géométrie du Boeing 737-800 en approche



Figure 18 : géométrie du Boeing 737-800 à l'atterrissage.

À partir du FCTM et du FCOM Boeing, il est possible d'estimer les distances relatives à l'atterrissage sur la piste 21 à l'aéroport de Nantes, entre le seuil de piste, le point de commencement de l'arrondi, le point d'aboutissement et le point de toucher des roues. Ce dernier se situe dans la partie montante de la piste 21.

La partie OM-B du Manex de Transavia ne reprend pas intégralement les informations de Boeing relatives aux atterrissages. En particulier, les éléments de distance entre les différents points caractéristiques de l'atterrissage ainsi que les variations d'assiette à apporter à l'arrondi ne sont pas mentionnés.

### 5.3.3 Arrondi sur une piste avec une pente montante

Le FCTM ne fournit pas d'informations pour atterrir sur une piste présentant une pente ascendante.

D'une manière générale, l'évaluation par une personne en vol de la hauteur et des distances se fait à partir de repères géométriques acquis par expérience. Une piste avec une pente ascendante ou descendante modifie ainsi l'apparence habituelle des dimensions de la piste vue sous un angle de 3 degrés. Une piste ascendante peut donner l'illusion que l'avion est plus haut que sa position réelle.

Une pente ascendante peut avoir une influence sur les annonces synthétiques vocales de la radiosonde peu avant l'arrondi, conduisant à des arrondis tardifs. Par ailleurs, la variation d'assiette de l'avion à l'arrondi étant plus importante qu'à l'accoutumée, il est souvent conseillé de débiter l'arrondi plus tôt.

### 5.3.4 Rebonds à l'atterrissage

Le FCTM de Boeing recommande de remettre les gaz en cas de rebond haut. Pour les autres rebonds, l'assiette d'atterrissage normal doit être maintenue et la poussée doit être ajustée si nécessaire pour contrôler le taux de descente. Pour les rebonds légers, il n'est pas nécessaire d'ajouter de la poussée. Le FCTM ne décrit pas la différence entre rebond léger ou haut.

Les informations du Manex de Transavia au sujet des rebonds à l'atterrissage sont identiques à celles du FCTM de Boeing.

### 5.3.5 Atterrissage la veille à Nantes

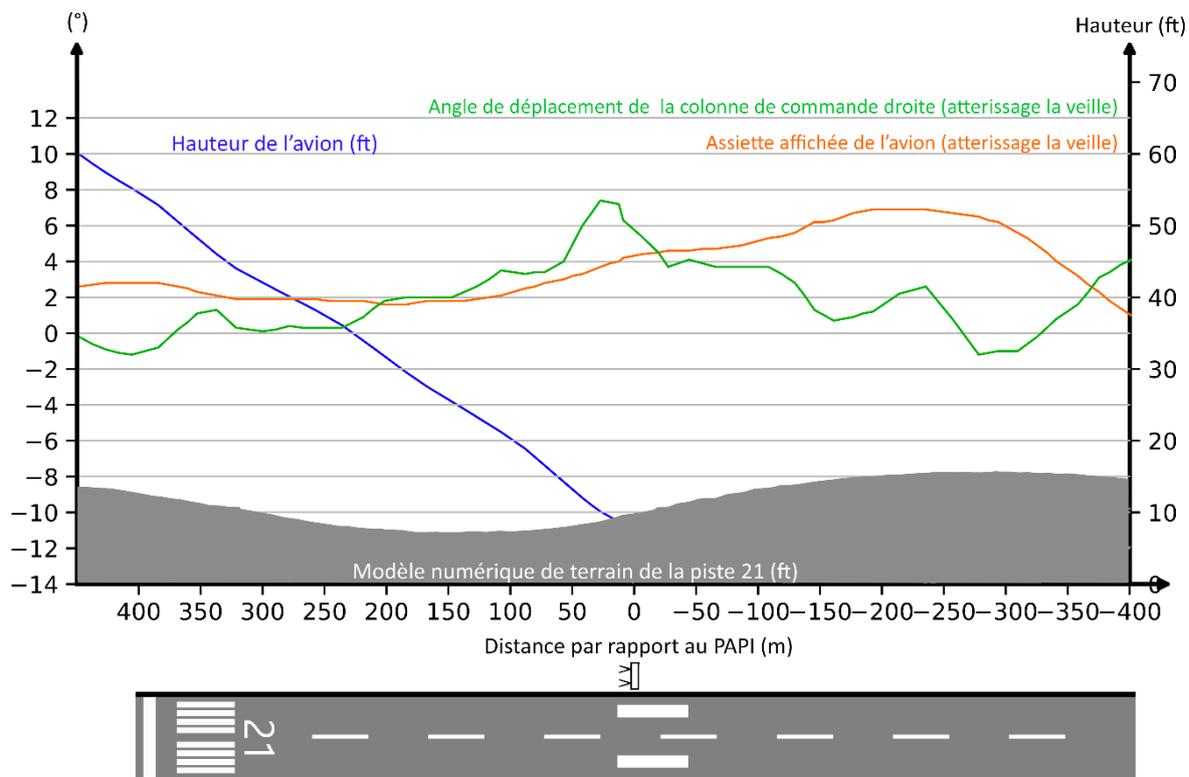


Figure 19 : angle de déplacement de la colonne lors de l'atterrissage de la veille (Source : BEA)

Lors de l'atterrissage de la veille à Nantes, le copilote était PF. Il avait débuté l'arrondi à environ 220 m du toucher des roues à une hauteur de 37 ft, par une faible action à cabrer (2 degrés de manche) qui n'avait pas eu d'incidence sur l'assiette de l'avion. Lorsque l'avion est arrivé au creux de la piste, il a ensuite eu une action plus progressive en tirant sur le manche jusqu'à un peu plus de 3° de manche. L'assiette de l'avion a alors commencé à augmenter progressivement.

À une hauteur d'environ 20 ft, il a poursuivi plus franchement son action allant jusqu'à une position de 7,5 degrés à la commande de profondeur, l'assiette de l'avion poursuivant son augmentation de manière linéaire jusqu'à atteindre 4,5 degrés environ. Dans le même temps, le copilote a réduit instantanément la poussée de l'avion en plaçant les manettes sur la position IDLE. Lors du toucher des roues, la valeur de l'accélération verticale enregistrée était de 1,7 g.

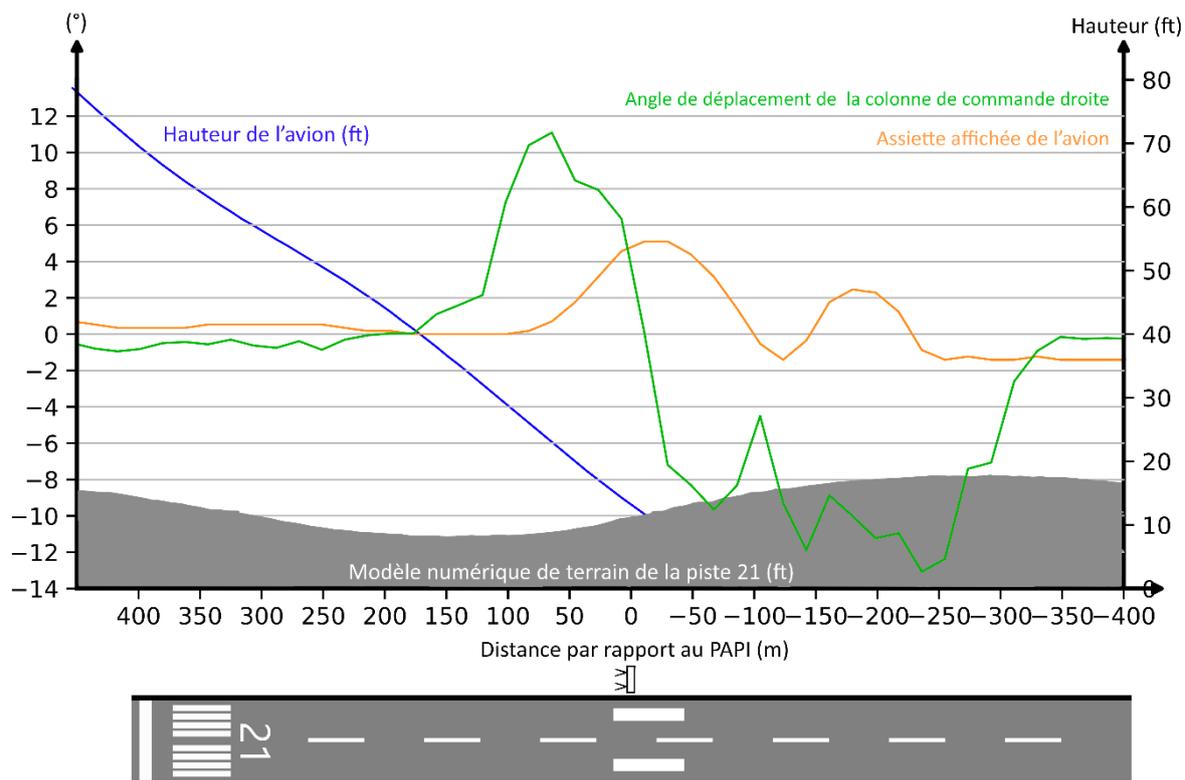


Figure 20 : angle de déplacement de la colonne lors de l'atterrissage de l'accident (Source : BEA)

L'arrondi de la veille comporte des similitudes avec celui de l'événement, notamment sur la prise d'assiette, l'action franche à cabrer ainsi que la réduction tardive de la poussée juste avant le toucher des roues (non illustrée sur les figures précédentes).

## 5.4 Risques à l'atterrissage

### 5.4.1 Atterrissages durs

Selon la documentation du manuel de maintenance des avions (AMM) du constructeur, pour le Boeing 737-800, un atterrissage est considéré comme dur lorsqu'il est signalé par l'équipage de conduite et que des critères d'inspection sont remplis. Ces critères incluent notamment que le facteur de charge normal au centre de gravité dépasse ou atteint des seuils spécifiques, déterminés en fonction de l'angle de roulis et de la masse de l'avion à l'atterrissage.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de référence pour l'angle de roulis et le facteur de charge, permettant d'évaluer si un atterrissage peut être considéré comme dur selon la masse à l'atterrissage de l'avion.

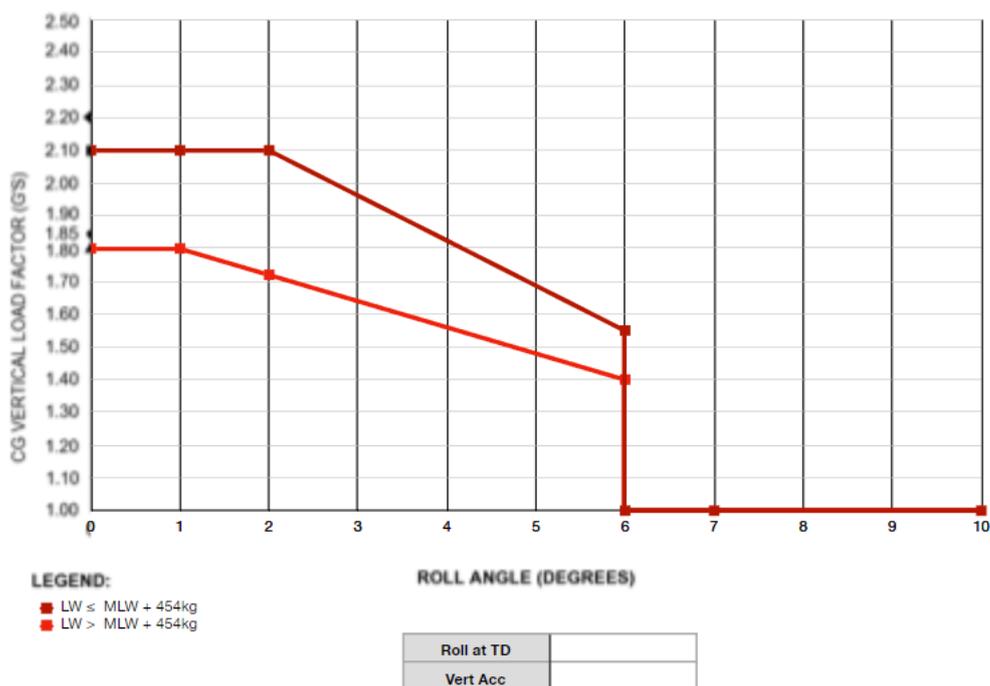
737-600/-700/-800/-900 CG VERTICAL LOAD FACTOR AMM  
THRESHOLD HARD AND OVERWEIGHT/HARD LANDINGS

Figure 21 : graphique pour déterminer un atterrissage dur (Source : AMM Boeing)

La compagnie Transavia utilise ces critères pour déterminer les atterrissages durs dans le cadre de son analyse des vols.

Du 1<sup>er</sup> janvier au 16 novembre 2022, une analyse des vols par Transavia a permis d'identifier quarante atterrissages durs incluant le vol de l'accident, parmi lesquels :

- dix (25 %) sont survenus en vol d'AEL<sup>20</sup>, dont 9 concernent des copilotes en position de PF, y compris celui du copilote du F-GZHA. Sur ces dix atterrissages durs d'AEL, le vol de l'accident est le seul atterrissage dur à Nantes.
- six (15 %) ont eu lieu à Nantes, tous en piste 21. Sur la même période, environ un tiers des atterrissages à Nantes a eu lieu en piste 21.

Du 1<sup>er</sup> janvier au 16 novembre 2022, à Nantes les atterrissages sont répartis ainsi :

- 1 106 atterrissages en piste 21 ;
- 2 331 atterrissages en piste 03

Les deux aéroports où ont eu lieu le plus d'atterrissages durs sur cette période, sont Mykonos (Grèce) et Nantes avec six atterrissages durs recensés pour chaque aérodrome par Transavia. Les autres aéroports concernés ont eu un nombre d'atterrissages durs inférieur ou égal à trois sur la même période. Il est à noter que la majorité des atterrissages durs au sein de la compagnie Transavia se sont produits sur des pistes avec pente montante.

À titre de comparaison, dans le Manex de la compagnie Transavia (partie OM-C), l'aéroport de Nantes est classé B, celui de Mykonos est classé B-q. L'extension « -q » indique qu'un niveau d'expérience minimum de l'équipage est requis.

<sup>20</sup> Les vols en AEL représentent environ 9 % du total des vols de Transavia en 2022.

Pour Mykonos, l'OM-C précise également que le CDB doit détenir une « qualification spécifique » dispensée par un instructeur. Il est également précisé que, pour l'approche piste 34, « l'étroitesse de la piste et la pente fortement ascendante du relief en finale pour la piste 34 donnent une impression visuelle inhabituelle d'être au-dessus de la trajectoire de descente lors de l'approche finale ». De plus, dans l'AIP de l'aérodrome de Mykonos (code OACI : LGMK), il est précisé les non-conformités acceptées par conditions spéciales<sup>21</sup>.

## 2.23.2 Accepted deviations in aerodrome certificate

Specification	Description of Non-Compliance	Deviation type
M.745 Runway guard lights	(b)(1) non-compliant: high traffic density during summer period prevails, however no RWY guard lights installed (b)(2) non-compliant: no RWY guard lights installed	ELoS
B.045 Width of runways	(a) non-compliant: according to AIP, RWY width 30m, required is 45m as A/D code is 4C	ELoS
M.670 Runway threshold identification lights	(a) compliant: RTILs installed symmetrically and in line with both RWY THRs (type is ADB 360) non-compliant: for both RWY directions, the distance between RTILs and line of RWY edge lights >20 m	ELoS
T.910 Equipment frangibility requirements	Non-compliant: WDI and anemometer pole with adjacent control boxes are not frangible,	ELoS
B.160 Width of runway strip	75m wide laterally measured from RWY C/L established	Special Condition
B.165 Objects on runway strips	(a) non-compliant: endangering objects can be found within the 150 m wide RWY (chapel, trees or bushes, rocks and boulders, fence foundation) and the 300 m wide RWY strip (Buildings, public roads).	Special Condition
C.210 Runway end safety areas (RESA)	(b)(1) non-compliant: no RESA established at both RWY ends	Special Condition
D.260 Taxiway minimum separation distance	(b) non-compliant: Aircraft stand taxilane is too close to RWY (approx. 100m) instead of 176m	Special Condition
S.885 System design	(b) non-compliant: SPS is fed by three generators (one dedicated to AGL, 2 others for the rest) feeding two supply buses; however, the GENs are not physically separated	Special Condition

Figure 22 : extrait AD 2 LGMK de l'AIP grec au 13/06/2024  
(Source : Service d'information aéronautique grec)

L'aéroport de Nantes ne comporte pas de telles indications dans l'OM-C.

Transavia transmet à la DSAC (via la base ECCAIRS) dans un délai de 72 h après réception, comme le prévoit la réglementation, tous les comptes-rendus (ASR) rédigés par les équipages, et donc y compris ceux relatifs aux atterrissages durs. Elle indique que les atterrissages durs identifiés dans le cadre de son analyse des vols ne font pas l'objet d'une notification vers le service de la navigation aérienne ni au gestionnaire aéroportuaire.

Par ailleurs, Transavia participe de façon régulière aux instances LRST organisées annuellement par l'exploitant de l'aéroport de Nantes. Transavia y discute avec l'exploitant des événements que ses équipages ont rapportés dans le cadre de la desserte de l'aéroport et échange sur les thématiques « sécurité des vols » associées.

<sup>21</sup> [AIP AD 2 LGMK-11, 2.23.2 Accepted deviations in aerodrome certificate](#)

#### 5.4.2 Risques associés à la piste 21 (bosse et vent de travers)

Dans le Manex de la compagnie, partie OM-C, le désaxement de l'approche RNP21 de 13° est indiqué, sans aucune autre information. Aucune spécificité relative aux différentes pentes successives de la piste 21, aux conditions météorologiques, ou aux difficultés associées au vent de travers n'est mentionnée.

Tout comme le Manex, la documentation LIDO utilisée par les équipages de la compagnie Transavia ne mentionne aucune spécificité en ce qui concerne la piste 21, en dehors de l'information sur le désaxement de l'approche. Cette documentation précise tout de même, dans la partie « METEO » de l'aéroport de Nantes, que des cisaillements de vent ont été rapportés par des pilotes en amont du seuil 21, travers de la forêt (située à l'ouest du seuil de piste, en dehors de l'enceinte aéroportuaire), par vent d'ouest. Ces informations sont issues de la fiche CASH (*Collaborative Aerodrome Safety Highlights*) relative à l'aéroport de Nantes et diffusée par la DGAC. Il est indiqué dans la partie « Départ / Météorologie » que, par vent de secteur ouest, la présence du bois au sud-ouest de la piste en seuil 03 et la carrière à l'ouest induisent des conditions météorologiques particulières. Des rabattants sont régulièrement mentionnés par les pilotes, en particulier lors de la rotation pour les départs en 21.

Il est souligné dans le Manex de la compagnie, partie OM-A 8.1.3, que lorsque le vent de travers excède 15 kt, les copilotes ayant moins de 600 heures de vol sur type ne doivent pas agir en tant que PF pendant le décollage, l'approche et l'atterrissage, sauf pour les vols d'entraînements. Le manuel précise qu'en cas de vol d'instruction, l'instructeur devra porter une vigilance particulière au pilotage et à la gestion de l'énergie de l'avion par le copilote. Le briefing approche devrait énumérer les menaces et également les stratégies pour l'approche, l'atterrissage et la gestion de l'avion en cas de rebonds.

Contactés par le BEA, deux exploitants aériens assurant des vols sur Nantes ont indiqué qu'au moment de l'accident, ils ne disposaient pas de formation spécifique ou de consigne particulière pour cet aéroport, même s'il est reconnu comme présentant des particularités parfois difficiles à gérer.

#### 5.4.3 Risques associés au *tail-strike* et aux rebonds

Selon Transavia, à la date de l'accident, le risque associé à la survenue d'un *tail strike* était considéré comme plus important que celui associé à un atterrissage dur avec rebond. La compagnie souligne que les pilotes ont pu être historiquement plus sensibilisés à ce risque-là, notamment à travers les messages des instructeurs, les interventions des officiers de la sécurité des vols, lors des formations, ou à travers les différentes publications concernant la sécurité des vols. De fait, cette situation pouvait donner le sentiment, à tort, à l'époque de l'accident, que le risque de *tail strike* présentait une importance particulière, pouvant conduire à une forme de distorsion dans la conscience du risque des pilotes.

Le thème de l'atterrissage dur avec rebond était peu abordé en formation et cette menace était rappelée lors des briefings de préparation des vols, ou en vol, en fonction des caractéristiques de certaines pistes. Par ailleurs, les actions à suivre en cas de rebond ne sont enseignées que par un volet théorique sans application pratique par Transavia.

Ce thème a fait l'objet de mesures prises par l'exploitant après l'accident (voir § 7).

### 5.5 Renseignements génériques sur la formation

#### 5.5.1 Formation à l'arrondi

Lors de leur formation sur 737, les pilotes apprennent à commencer à cabrer aux environs de 20 ft, tout en réduisant progressivement la poussée de manière à ce que les manettes de poussée arrivent en position IDLE au moment où les trains principaux entrent en contact avec le sol. Cette réduction progressive permet à l'équipage de gérer l'énergie de l'avion lors de l'arrondi et d'éviter un atterrissage dur.

## 5.5.2 Adaptation en ligne

Selon Transavia, l'approche et l'atterrissage en piste 21 à l'aéroport de Nantes – Atlantique « sont considérés comme pouvant être difficiles. L'approche désaxée puis un arrondi s'effectuant sur une piste descendante puis ascendante peuvent être complexes pour un copilote en AEL ».

La compagnie Transavia a par ailleurs indiqué ne pas avoir établi de consigne particulière, à la date de l'accident, pour le choix des destinations lors de vols d'AEL. Il n'existait pas non plus de consigne à destination des instructeurs leur permettant de décider s'ils devaient réaliser l'approche et l'atterrissage ou bien les faire réaliser par un copilote en AEL dans le cadre de sa formation. Ce sujet a fait l'objet de mesures prises par l'exploitant (voir § 7).

En fonction des conditions météorologiques et des caractéristiques particulières de certaines approches, un TRI peut être partagé entre reprendre les commandes en tant que PF ou laisser cette fonction à un copilote en AEL. Dans ce dernier cas, les ressources engagées par l'équipage peuvent être augmentées. Il pourrait également devenir difficile pour l'instructeur d'intervenir rapidement dans une phase dynamique telle que l'arrondi.

Pour le vol de l'accident, le fait que le TRI résidait près de Nantes, volait régulièrement au départ et à l'arrivée de l'aéroport de Nantes et qu'il était donc habitué à l'approche 21 et aux caractéristiques de la piste, a pu minimiser :

- la difficulté que pouvait représenter pour le copilote la réalisation d'un atterrissage sur cette piste dans ces conditions ;
- sa perception des risques associés aux craintes mentionnées par le copilote au sujet des atterrissages.

De plus, le TRI a également pu vouloir laisser faire le copilote, pour le remettre en confiance après son arrêt de travail. C'est certainement aussi pour cela qu'il l'a laissé déconnecter les automatismes tôt dans l'approche.

## 6 CONCLUSIONS

*Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.*

### Scénario

En descente à destination de Nantes, le copilote en adaptation en ligne (AEL) a rappelé au commandant de bord instructeur (TRI) ses difficultés à l'arrondi et son appréhension de ne pas reproduire le même type d'atterrissage ferme que celui réalisé la veille à Nantes en piste 21. Lors du briefing, l'approche non dans l'axe en piste 21, le profil de cette piste (« la bosse ») ainsi que l'évolution des conditions météorologiques ont été abordés par le copilote. Ces menaces n'ont pas été reprises par l'instructeur. La perception visuelle provoquée par la partie montante de la piste et le stress lié à la difficulté de l'atterrissage à Nantes n'ont fait pas l'objet de stratégie particulière de la part de l'instructeur pour les gérer. Le choix du moment où les automatismes seraient déconnectés n'a pas non plus été abordé à ce moment-là.

Lors de l'approche, vers 2 500 ft, le copilote a annoncé à l'instructeur qu'il déconnecterait les automatismes à une altitude de 2 000 ft, soit environ deux minutes avant d'atteindre les minima. Le copilote souhaitait profiter de la présence de l'instructeur pour piloter davantage en manuel et regagner en expérience. L'instructeur a pu laisser faire le copilote pour favoriser sa remise en confiance. Cependant, compte tenu de la présence de vent de travers, du plafond proche des minima et de la faible expérience récente du copilote, le pilotage manuel a probablement occasionné une charge de travail élevée pour le copilote.

À 1 NM du MAPTS et à une altitude d'environ 800 ft, le copilote a viré vers la gauche pour intercepter l'axe de piste. L'approche était stabilisée, le copilote a maintenu le plan de descente en suivant les indications du PAPI et la vitesse est restée proche de la vitesse d'approche de référence. Les annonces de corrections de l'instructeur jusqu'à très faible hauteur montrent que son attention était portée principalement sur le maintien de l'axe de piste.

Après le passage du seuil de piste 21, l'avion a tout d'abord évolué au-dessus de la partie descendante. À une hauteur comprise entre 40 et 30 ft, le copilote a commencé son action à cabrer au manche pour arrondir, sans réduire la poussée, mais cette action est restée insuffisante pour modifier l'assiette de l'avion. L'avion a ensuite commencé à survoler la partie ascendante de la piste. Entre les annonces « thirty » et « ten », espacées d'une seconde et représentant environ 80 m de vol, le copilote a appliqué une action franche et rapide à cabrer au manche, en le tirant à plus de trois quarts de débattement, avant de placer les manettes de poussée sur IDLE. Dans le même temps, l'instructeur a très probablement pris conscience du retard dans le début d'arrondi et, par réflexe, a annoncé « attention » au copilote. Ces actions franches et rapides à faible hauteur au-dessus de la partie montante de la piste n'ont pas permis de réduire l'énergie de l'avion avant le contact avec la piste.

Il est très probable que l'arrondi tardif résulte d'une perception erronée de la partie finale du plan de descente due à la pente ascendante de la piste et à l'attention principalement portée jusqu'à faible hauteur par les deux pilotes sur le maintien de l'axe de piste.

L'influence des caractéristiques de la piste, descendante puis montante, sur les annonces de hauteur de la voix synthétique n'a pas aidé le copilote à commencer l'arrondi et la réduction de poussée suffisamment tôt compte tenu de la pente ascendante avant la bosse.

L'instructeur n'a par ailleurs pas envisagé, durant l'arrondi, de reprendre les commandes et n'a très probablement pas eu le temps de le faire.

Le toucher du train principal dans la partie montante de la piste a été dur avec un facteur de charge enregistré de 2,95 g, à un taux de chute d'environ 12 ft/s. Les *spoilers* se sont déployés puis l'avion a rebondi.

La force de l'impact à l'atterrissage et le rebond ont surpris les deux membres d'équipage. Par réflexe, l'instructeur a appliqué une action franche à piquer au manche, jusqu'à la butée à piquer, qui a eu pour effet de diminuer rapidement l'assiette de l'avion. Cette diminution d'assiette combinée aux *spoilers* déployés a conduit à une diminution rapide de la portance de l'avion. Le train avant et le train principal droit ont touché simultanément la piste. Sous la violence de l'impact subi par le train avant, les deux pneus ont été éjectés de celui-ci, l'avion a poursuivi l'atterrissage en roulant sur les jantes.

L'instructeur a ensuite maintenu l'axe de piste pendant la décélération de l'avion avant de virer à gauche sur une voie de circulation pour immobiliser l'avion et libérer la piste.

Le fait que le TRI soit familier à l'approche 21 de Nantes et aux caractéristiques de la piste a pu minimiser :

- sa perception de la difficulté que pouvait représenter pour le copilote la réalisation d'un atterrissage sur cette piste dans ces conditions ;
- sa perception des risques associés aux appréhensions mentionnées par le copilote au sujet des atterrissages.

Le TRI a également pu vouloir laisser faire le copilote sans ajouter de stress supplémentaire, en vue de la remise en confiance du copilote après sa période d'interruption. L'atterrissage effectué par le copilote avec un fort vent de travers à Djerba a pu renforcer la confiance du TRI et amener une baisse de vigilance de sa part lors de l'approche et de l'atterrissage.

## Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à l'atterrissage dur :

- des actions inadaptées du copilote pour augmenter l'assiette et réduire la poussée pendant la manœuvre d'arrondi ;
- la charge de travail induite par une déconnexion anticipée des automatismes avec des conditions météorologiques dégradées et sur un aéroport qui présente une approche non dans l'axe, amenant un alignement tardif en approche finale à une altitude inférieure à 1 000 ft et proche des minima ;
- l'absence de cadre ou d'aide à la décision à destination des instructeurs pour les aider à évaluer l'adéquation entre la difficulté d'un vol et le niveau du copilote stagiaire qui va le réaliser en tant que PF ;
- une absence de prise en compte par l'exploitant, à la date de l'accident, des particularités des aérodromes, pour certains d'entre eux, dans la planification des vols des copilotes en AEL ;
- une prise en compte insuffisante par l'exploitant et l'instructeur de la formation fragmentée du copilote et de son expérience récente en AEL ;
- une prise en compte insuffisante par l'instructeur de la difficulté que pouvait représenter pour le copilote la réalisation de l'approche en piste 21 dans les conditions du jour ;
- un briefing approche identifiant les menaces, mais n'évoquant pas les moyens destinés à atténuer leurs effets ;
- une perception erronée de la partie finale du plan de descente due à la pente ascendante de la piste ;
- l'absence d'anticipation à la reprise des commandes de la part de l'instructeur dans une phase de vol dynamique.

Ont pu contribuer à accentuer les dommages après l'atterrissage dur :

- une sensibilisation trop importante et mal proportionnée des pilotes de Transavia au risque de *tail strike*, en regard du risque d'atterrissage dur ;
- une formation aux actions en cas de rebond insuffisante qui a conduit l'instructeur à réagir par réflexe en appliquant les actions prévues pour éviter un *tail strike* sans verbalisation de la reprise des commandes.

L'absence de retour d'expérience de la part des exploitants aériens au sujet de l'utilisation de la piste n'a pas permis de mise à jour de l'étude de sécurité de l'exploitant aéroportuaire relative aux pentes longitudinales de piste, aux changements de pentes longitudinales, aux rayons de raccordement et à la distance de visibilité.

## Enseignements de sécurité

### Perception visuelle des changements de pente de la piste 21

L'approche 21 de l'aéroport de Nantes – Atlantique est exploitée sous dérogation signée par la DSAC car cette approche est désaxée. La piste de l'aéroport de Nantes – Atlantique fait l'objet de conditions spéciales notifiées par la DSAC en raison de limitations physiques et topographiques.

Les changements de pentes avec les angles les plus importants se situant au début de la piste 21, ils peuvent perturber la perception visuelle du pilote qui peut rencontrer des difficultés à apprécier l'instant où il faut débiter l'arrondi et à l'exécuter correctement. Ces changements de pentes induisent également un décalage dans le déclenchement des annonces de la radiosonde. Ces difficultés sont accentuées lorsque les conditions météorologiques sont dégradées ou lors d'une arrivée de nuit.

Les conditions spéciales signées par la DSAC mentionnent l'aspect économique des travaux pour l'aplanissement de la piste. Ces derniers, d'un montant élevé selon l'exploitant actuel, entraîneraient la fermeture de l'aéroport durant plusieurs mois et donc des répercussions économiques non négligeables pour l'exploitant de l'aéroport. Il est également mentionné par la DSAC que le niveau de sécurité est acceptable compte tenu de l'absence d'événements identifiant les non-conformités, de l'information délivrée aux équipages par le biais des publications aéronautiques (publication du profil de piste).

Les données issues de l'analyse des vols de Transavia montrent que Nantes est, avec Mykonos, l'aéroport qui comporte le plus grand nombre d'atterrissages durs, et que tous ces atterrissages durs ont lieu en piste 21. En effet, les compagnies aériennes étudient chaque atterrissage dans le cadre de l'analyse des vols, à des fins d'amélioration de la sécurité.

L'étude de sécurité réalisée par l'exploitant aéroportuaire sur les non-conformités du profil de la piste 21 a été établie pour justifier auprès de la DSAC les conditions spéciales de cette piste dans le but de l'exploiter. Cette étude, datant de 2015, mentionne l'absence d'événements identifiant les non-conformités de la piste 21.

Cet accident montre que l'approche non dans l'axe en piste 21, mise en place pour des raisons environnementales plutôt que de sécurité, combinée aux non-conformités du profil de la piste, peut favoriser la survenue d'atterrissages « durs ». Bien que ces atterrissages soient détectés par les compagnies aériennes, ils ne sont pas signalés aux services de la navigation aérienne ni à l'exploitant aéroportuaire. L'absence de notification de ces événements vers l'exploitant aéroportuaire empêche la mise à jour de l'étude de sécurité. La prise en compte de ceux-ci contribuerait à l'actualisation de cette étude de sécurité, et pourrait conduire, si nécessaire, à une réévaluation du niveau de sécurité associé à la pente et aux changements de pente de la piste 21.

Le profil de piste n'étant pas conforme aux exigences applicables, la publication d'informations avertissant de manière plus claire des spécificités de l'aérodrome de Nantes serait de nature à améliorer la prise en compte de ces particularités par les exploitants aériens et leurs équipages.

### Auto-analyse des menaces liées aux appréhensions de l'élève par l'instructeur

La courbe de progression d'un élève peut varier en fonction de nombreux éléments. Les conditions de vol, les particularités des infrastructures fréquentées, l'environnement, l'expérience récente ou les difficultés rencontrées en cours de formation peuvent provoquer certaines appréhensions qui peuvent altérer le niveau de performance du pilote en formation.

L'instructeur doit ainsi identifier et évaluer, lors de la préparation du vol et en vol, cette menace et qu'il mette en place des moyens permettant de réduire le risque associé. L'instructeur devra alors échanger avec son élève sur les actions à accomplir ou les procédures à mettre en œuvre au cas où l'approche ou l'atterrissage ne se dérouleraient pas comme prévu.

Dans le cas de l'approche de Nantes, il peut être intéressant pour l'instructeur de réfléchir au niveau d'automatisme acceptable et permettant de réduire la charge de travail. L'instructeur peut aussi aborder avec son élève la particularité d'un arrondi sur une surface qui n'est pas parfaitement plane ; ils peuvent également revoir certaines procédures du FCTM telles que *bounced landing*, *rejected landing* ou *balked landing*.

Dans certains cas, l'instructeur peut être amené à ne pas laisser le pilote réaliser l'approche ou l'atterrissage. Cette dernière décision ne peut être prise efficacement que si l'instructeur ne subit pas la pression liée à un nombre d'approches devant être réalisé par son élève dans le cadre de la validation de son AEL.

Cette démarche d'analyse des menaces liées à la situation d'instruction est identique à celle réalisée par l'équipage lors des briefings (démarche TEM). Cependant, étant propre à l'instructeur, elle pourrait efficacement compléter le briefing élaboré par l'équipage.

## 7 MESURES PRISES PAR L'EXPLOITANT

Après le vol de l'accident, Transavia a mis en œuvre plusieurs mesures principalement dédiées à l'amélioration de la progression et du suivi des pilotes en AEL pour des destinations pouvant être complexes au regard de leur niveau et des conditions du moment, dont :

- retrait de la programmation des vols pour les copilotes en AEL des destinations avec des spécificités considérées comme complexes ;
- adaptation de la répartition PF/PM entre le copilote et l'instructeur en fonction de la destination et des difficultés éventuelles selon le contexte (approche complexe, conditions météorologiques dégradées, etc.) ;
- instruction standardisée de la technique d'atterrissage ;
- formation sur les actions à suivre en cas de rebond à l'atterrissage ;
- information à l'attention des instructeurs sur la reprise des commandes et la formalisation de celle-ci durant le vol ;
- formation à la conscience du risque de l'atterrissage dur au regard du *tail strike*.

Ces mesures visent également à aider les instructeurs à appréhender leur rôle, en leur fournissant un cadre pour adapter leur stratégie dans les différents contextes rencontrés au cours des vols de formation et des phases critiques d'un vol.

## 8 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.*

### **Données relatives aux aérodromes et services d'information aéronautique**

Les données pertinentes relatives à un aérodrome et aux services disponibles sur celui-ci sont à fournir aux utilisateurs, aux prestataires de services de trafic aérien et aux fournisseurs de services d'information aéronautique concernés, par voie de l'information aéronautique (exigence ADR.OPS.A.005 - données relatives à l'aérodrome du règlement (UE) n° 139/2014). Parmi ces données, les altitudes de l'aérodrome, de l'extrémité de la piste et de tout point intermédiaire significatif le long de la piste devraient être fournies (GM1 ADR.OPS.A.005). Les pentes longitudinales peuvent également être décrites (GM1 ADR.OPS.A.005).

Pour que les fournisseurs de services d'information aéronautique puissent répondre aux besoins en matière d'informations pertinentes pour l'exploitation des aérodromes, les exploitants d'aérodrome doivent veiller à l'exhaustivité des données aéronautiques (ADR.OPS.A.010 - Exigences en matière de qualité des données) et transmettre toute information revêtant une importance particulière pour l'exploitation de l'aérodrome (ADR.OPS.A.015 - coordination entre les exploitants d'aérodrome et les prestataires de services d'information aéronautique).

À titre d'exemple, dans l'information de publication aéronautique (AIP) de l'aérodrome de Mykonos, il est précisé les non-conformités acceptées par conditions spéciales. Transavia considère Mykonos comme un aéroport particulier et requiert un niveau d'expérience minimum de l'équipage ainsi qu'une « qualification spécifique » dispensée par un instructeur pour le CDB.

*En conséquence le BEA recommande que :*

- *considérant que les pentes longitudinales de la piste à l'aéroport de Nantes – Atlantique sont supérieures à plusieurs endroits le long de la piste aux spécifications de certification ;*
- *considérant que ces dépassements ne sont pas publiés ni connus des exploitants aériens ;*
- *considérant que toute information revêtant une importance particulière pour l'exploitation de l'aérodrome doit être transmise conformément à l'exigence ADR.OPS.A.015 ;*
- *considérant que la publication d'informations avertissant de manière plus claire des spécificités de l'aérodrome de Nantes – Atlantique serait de nature à améliorer la prise en compte de ces particularités par les exploitants aériens et leurs équipages ;*

*l'exploitant aéroportuaire Vinci, en coordination avec le SIA, fasse figurer dans l'AIP les non-conformités identifiées de l'approche et de la piste [FRAN-2024-0019].*

**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.**