

## **Incident grave de l'avion BOEING 777- 228ER immatriculé F-GSPG et exploité par Air France survenu le 2 mai 2015 à proximité du Mont Cameroun (Cameroun)**

<b>Heure</b>	20 h 14 <sup>(1)</sup>
<b>Exploitant</b>	Air France
<b>Nature du vol</b>	Transport Commercial de Passagers
<b>Personnes à bord</b>	Commandant de bord (PM) ; copilote <sup>(2)</sup> (PF) ; copilote de renfort ; 11 PNC; 23 passagers
<b>Conséquences et dommages</b>	Aucune

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

<sup>(2)</sup> Au sein de la compagnie Air France, un copilote est désigné par Officier pilote de ligne (OPL).

<sup>(3)</sup> Une tolérance technique sur l'avion prévu a nécessité son remplacement. Le retard ainsi pris a conduit à l'allongement du temps de service en vol de l'équipage, et par conséquent à ce qu'il soit renforcé par un copilote supplémentaire (copilote de renfort).

### **Déclenchement de l'alarme EGPWS lors d'évitements de masses nuageuses, réalisation d'une manœuvre d'urgence, de nuit en croisière au FL 90**

L'incident grave s'est produit dans l'espace aérien du Cameroun. Le BEA a été informé de l'événement par le Centre de contrôle des opérations (CCO) d'Air France et a notifié les autorités de l'aviation civile camerounaise. Celles-ci lui ont alors délégué l'enquête.

#### **1 - DÉROULEMENT DU VOL**

*Note : Le déroulement du vol a été établi principalement à partir des témoignages de l'équipage et des données de l'enregistreur de paramètres (FDR). Les données du CVR n'ont pas été préservées.*

L'équipage constitué d'un Commandant de Bord (CDB) et de deux copilotes<sup>(3)</sup> réalise un vol au départ de Malabo (Guinée Équatoriale) à destination de Paris via Douala (Cameroun). Le segment entre Malabo et Douala, d'une durée d'environ 40 minutes, est réalisé au FL 90. Le CDB est PM, le copilote est PF.

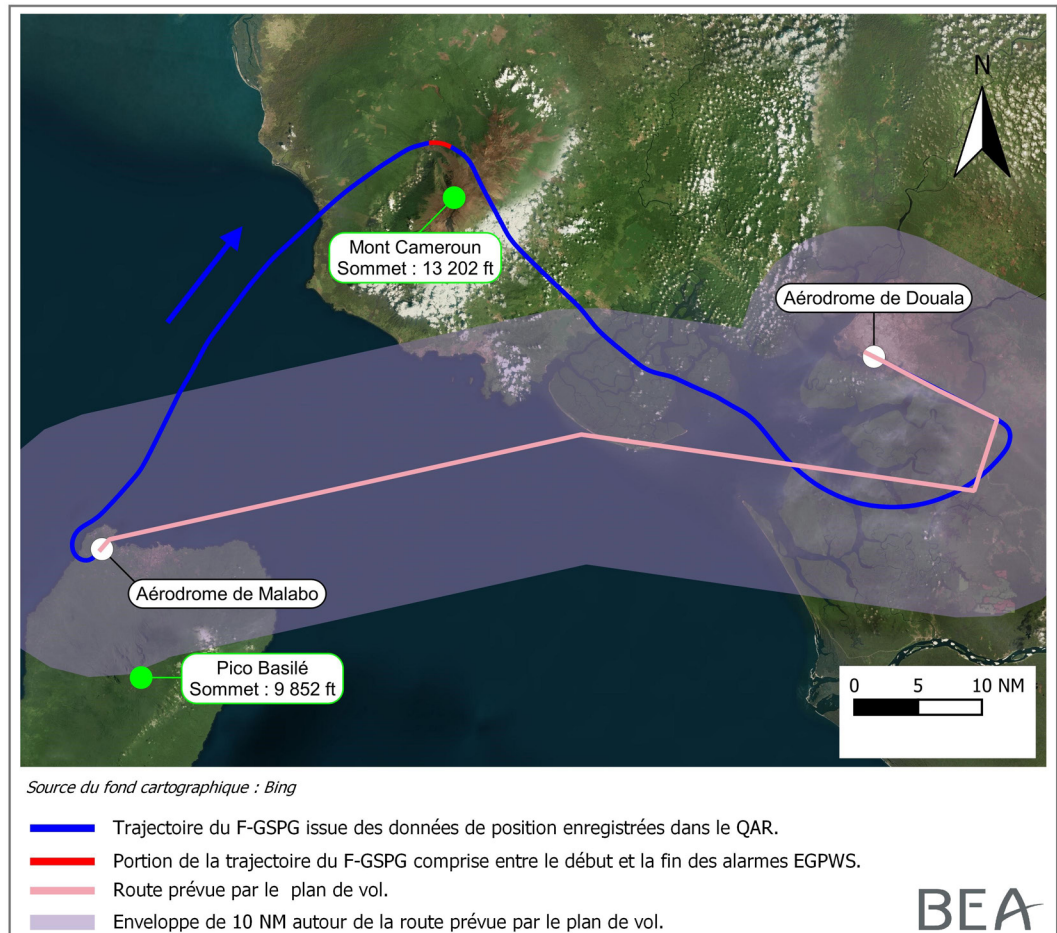


Figure 1 : Trajectoire du F-GSPG et plan de vol prévu

En raison des infrastructures de l'escale et de la rapidité de l'étape, un briefing « *départ et arrivée* » est réalisé dans le poste de pilotage avant le décollage.

Le dossier de vol prévoit à Malabo des cumulonimbus et une visibilité supérieure à 10 km. À Douala, le METAR de 17 h indique la présence d'orage, de cumulonimbus et un plafond de 1 600 ft. Le TAF prévoit en plus des averses de pluie et une réduction de la visibilité à 3 000 m ainsi qu'un plafond à 1 300 ft entre le 2 mai à 20 h et le 3 mai à 6 h. Par ailleurs, le CCO informe l'équipage que l'orage présent sur Douala est en train de se déplacer vers l'ouest et que deux avions viennent d'y atterrir.

Les conditions météorologiques précises sur la route ne sont en revanche pas connues.

Lors du briefing, l'équipage aborde les particularités suivantes :

- le relief à gauche de l'axe au décollage nécessite de virer à droite à l'inverse de la trajectoire prévue par le Système de gestion du vol (FMS)<sup>(4)</sup> ;
- les conditions météorologiques sont jugées acceptables à Douala. L'équipage est informé par les opérations des vols de la compagnie que la zone convective qui était présente sur Douala se déplace d'est en ouest ;
- la charge de travail liée aux nombreuses communications avec l'ATC dépourvu de radar entre Malabo et Douala est forte pour le PM.

<sup>(4)</sup> Ce point est mentionné sur la fiche terrain du dossier de vol de la compagnie.

L'avion quitte le poste de stationnement à l'heure, à 19 h 53. Un PNC est autorisé à faire le vol dans le poste de pilotage, installé sur le siège observateur à droite de celui occupé par le copilote de renfort.

À 20 h 03, l'équipage décolle en piste 22 et vire à droite initialement vers un cap 030° pour rejoindre la route du plan de vol puis engage le pilote automatique (AP).

En fin de virage après le décollage, l'équipage indique observer de nombreuses cellules orange au radar sur la route et au sud du plan de vol. Il fait nuit, les cellules ne sont pas jointives, l'équipage distingue leur forme et voit les éclairs. L'avion poursuit une trajectoire vers le nord-est en s'écartant de la route du plan de vol vers le nord. Les écrans de navigation (ND) du PF et du PM sont positionnés sur le mode *Weather* (WXR)<sup>(5)</sup>. L'échelle du ND du PM est de 20 puis 40 et enfin 80 NM en cours de montée, celle du ND du PF est de 80 puis 40 NM en fin de montée. L'équipage utilise la carte d'arrivée STAR RWY 30 (6-40) de Douala pour naviguer.

<sup>(5)</sup>Voir § 2.3.

Le PF voit sur son ND un écho rouge de taille importante en face de l'avion et un autre écho rouge oblong à droite de l'avion qui semble « *avancer* » avec l'avion. Ne parvenant pas à comprendre l'origine de ce second écho, le PF a un doute sur sa nature et décide alors de passer son radar en mode *Terrain* pour lever le doute, en augmentant simultanément l'échelle à 80 NM. Il repasse en mode *Weather* six secondes après. À l'issue de cette vérification, il pense que l'écho en face de l'avion correspond à un écho sol du Mont Cameroun et que l'écho rouge oblong à droite de la route est un « *faux écho* ».

Une dizaine de minutes après le décollage, l'avion se situe à 6 NM au nord - ouest du Mont Cameroun. L'équipage indique dans son témoignage que les communications avec l'ATC sont alors denses.

Le PM suggère au PF de prendre un cap à droite pour aller rejoindre le début de l'arc DME vers la piste 30 à Douala. Alors que l'avion est au cap 61°, le PF commande un virage continu vers la droite au cap sélectionné de 120°.

À 20 h 14 min 02, une trentaine de secondes après la mise en virage, l'avion est à une hauteur d'environ 5 000 ft lorsque l'alerte de proximité du sol EGPWS « *TERRAIN AHEAD* » se déclenche pendant quatre secondes. Les deux ND passent automatiquement en mode *Terrain*. Trois secondes après le déclenchement de l'alerte, le PF augmente le cap sélectionné vers 134°. L'avion continue à virer à droite avec une inclinaison d'environ 25°.

Quelques secondes plus tard, à 20 h 14 min 12, la hauteur radio - sonde a diminué à 4 150 ft et l'alarme « *TERRAIN AHEAD PULL UP* » retentit pendant huit secondes. L'équipage indique que les ND deviennent rouges. Dans leur témoignage, le PNC présent dans le cockpit et le PF ont indiqué avoir distingué des arbres à droite de l'avion.

Le PF désengage l'AP et applique un ordre à cabrer. Il avance les manettes de poussée pour obtenir la poussée maximum une seconde après. L'automanette (A/T) est désengagée cinq secondes après le début de la manœuvre.

Pendant les huit secondes de l'alarme, l'assiette et la vitesse verticale augmentent. L'assiette maximale est de 15°. L'avion reste en virage et le copilote de renfort demande au PF de mettre les ailes à plat.

L'alarme EGPWS cesse à 20 h 14 min 20. L'inclinaison est annulée brièvement avant que le virage ne soit repris avec une inclinaison de l'ordre de 25°. Le niveau FL 120 et le cap 150° sont sélectionnés.

Approchant le FL 110, le PM indique au PF d'arrêter la montée. L'assiette est maintenue et le PM indique de nouveau au PF d'arrêter la montée en passant le FL 120. La hauteur radio - sonde atteint sa valeur minimum de 2 100 ft alors que l'altitude est de 11 500 ft. L'altitude du sommet du Mont Cameroun est à 13 202 ft.

À 20 h 15 min 30, l'avion atteint le FL 130. L'équipage reprend la navigation vers l'arc DME de l'ILS de la piste 30 à Douala, puis atterrit sans autre particularité.

À l'issue d'un débriefing de l'équipage de conduite et après coordination avec le CCO d'Air France, la poursuite de la rotation vers Paris est décidée avec le même équipage.

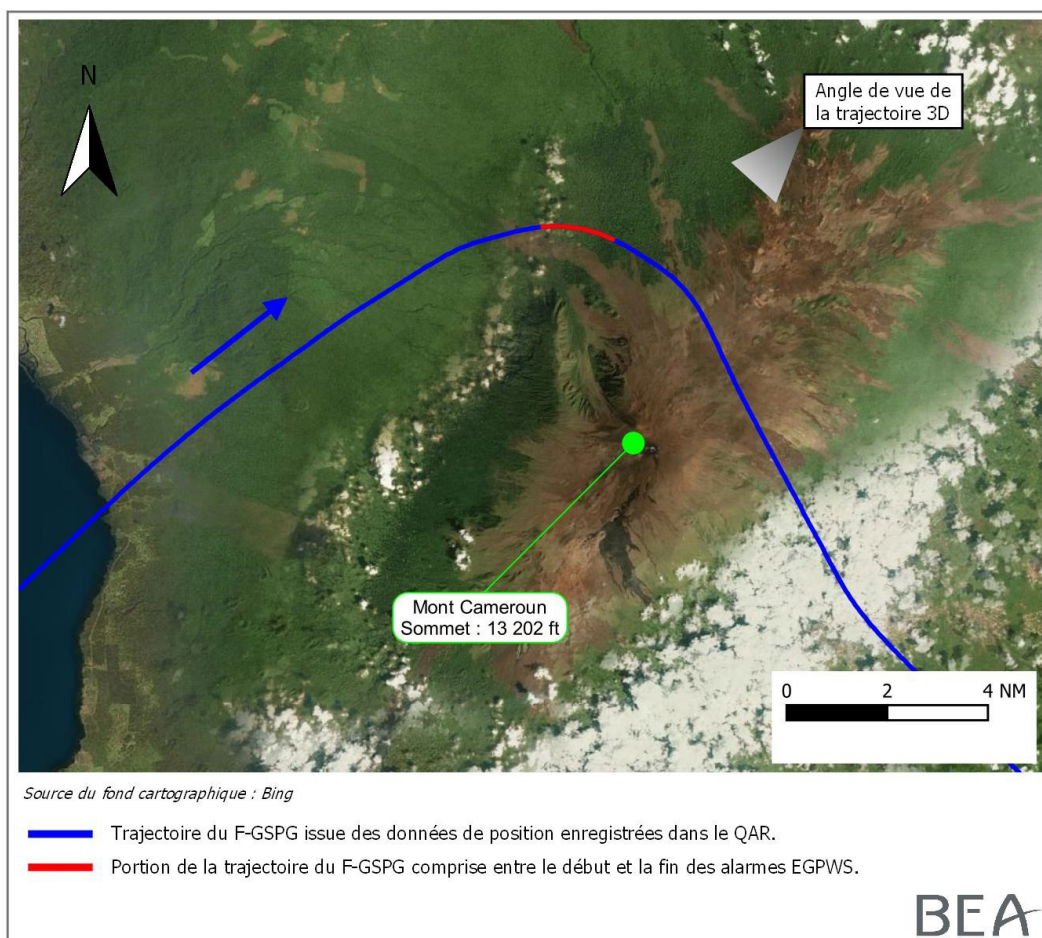
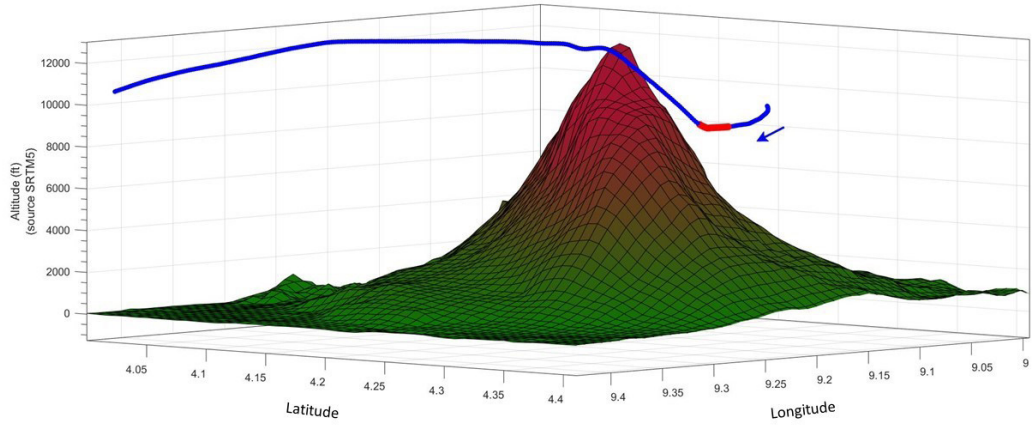
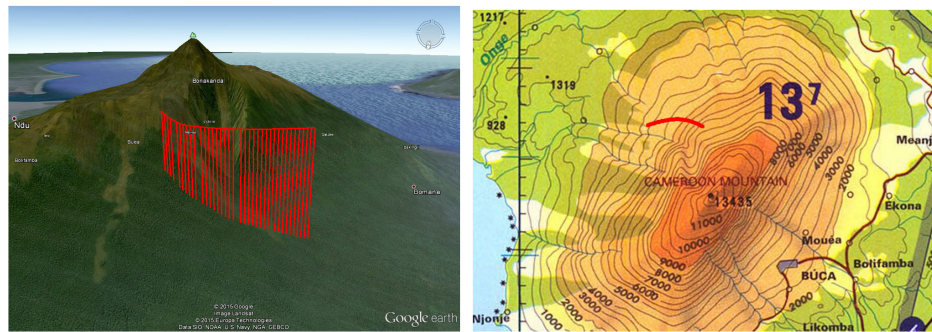


Figure 2 : Trajectoire du F-GSPG lors de l'évitement du Mont Cameroun



- Trajectoire du F-GSPG issue des données de position enregistrées dans le QAR.
- Portion de la trajectoire du F-GSPG comprise entre le début et la fin des alarmes EGPWS.

Figure 3 : Trajectoire 3D du F-GSPG lors de l'évitement du Mont Cameroun



Source : Honeywell

Figure 4: trajectoire de l'avion pendant le déclenchement des alarmes EGPWS

## 2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

### 2.1 Renseignements sur l'équipage

	Licence	Exp. Totale (en h)	Sur type (en h)	Comme CDB (en h)
CDB PM	ATPL(A)	18 035	5 998	12 600
Copilote PF	ATPL(A)	5 076	3 353	-
Copilote de renfort	ATPL(A)	15 116	447	-

## 2.2 Témoignages

### 2.2.1 Commandant de bord PM

Il indique que lors de la préparation du vol il a eu des difficultés à obtenir des informations précises sur les conditions météorologiques à Douala. L'équipage a dû passer plusieurs appels à Douala et Paris pour être informé oralement des nombreux orages présents à Douala. Ils ont ainsi appris que deux avions avaient pu atterrir. En l'absence de carte météorologique par ailleurs, ils ont donc décidé d'attendre encore 15 à 20 minutes avant de partir. La perception du CDB est alors celle d'un vol mal préparé. Les conditions météorologiques étaient pour lui la menace principale de ce vol.

Il indique que lors du briefing, le copilote PF a insisté sur la nécessité de piloter la trajectoire de l'avion en cap au décollage, pour éviter un relief présent sur l'île et rejoindre la route du plan de vol.

Ils ont choisi de répartir les affichages des ND de la manière suivante : mode *Terrain* pour lui, mode *Weather* pour le PF. Il précise avoir demandé au copilote de renfort une surveillance particulière de la trajectoire. Le Mont Cameroun a été peu évoqué, selon lui probablement parce que sa présence était évidente pour tous. Par ailleurs, la présentation de ce relief sur la carte utilisée lors du vol<sup>(6)</sup> laisse penser que ce n'est pas une menace en vol.

Le CDB indique avoir affiché le ND en mode *Weather* pendant la montée.

En cours de vol, le ND était rouge, avec des cumulonimbus partout. Il pensait être au sud du Mont Cameroun, ce qui l'a incité à suggérer un virage à droite au PF afin de se rapprocher de l'arc DME en vue de l'approche vers Douala. Il ajoute que les deux copilotes ont eu une « *incertitude* » avant que le virage ne soit entrepris.

Lorsque l'alarme « *PULL UP* » a retenti il a été surpris et a annoncé immédiatement « *pull up tire tire* » au PF. Il a porté son regard à l'extérieur car il craignait la présence d'un autre trafic. Cela l'a conduit à demander au PF d'interrompre la montée. Cette crainte est liée à un entraînement au simulateur au cours duquel est survenue une collision en vol avec un autre avion.

Il n'a pas envisagé de devenir PF pour l'approche et l'atterrissage en raison du calme du PF.

Il estime que la constitution d'un équipage à trois a contribué à créer une dilution des responsabilités, malgré la consigne transmise au deuxième copilote de surveiller la trajectoire.

### 2.2.2 Copilote PF

Il a effectué le vol Douala – Malabo en tant que PF la veille de l'incident. Le vol en lui-même avait duré 17 minutes et le temps était beau. Il a fait ce vol trois ou quatre fois par le passé.

Lors du briefing pré-vol, ils ont rappelé le relief au décollage de Malabo. Il se souvient que le CDB a demandé au deuxième copilote d'être vigilant de façon générale, et en particulier sur les altitudes de sécurité.

<sup>(6)</sup> Carte d'arrivée Lido STAR RWY 30 (6-40) de Douala. Voir [§ 2.5.2](#).

La récupération des informations météorologiques auprès de Paris et de Douala a été perçue comme compliquée, de sorte qu'une fois en vol la gestion de l'environnement météorologique les a accaparés. Les communications ATC étaient par ailleurs difficiles, et le contrôle aérien jugé agressif. Un doute sur deux formes rouges sur le ND en mode *Weather*, une forme devant eux et une à leur droite qui semblait se déplacer avec l'avion, l'a conduit à passer en mode *Terrain*. Il a alors pensé que la forme devant eux était le Mont Cameroun.

Il indique avoir refusé dans un premier temps de virer à droite sur demande du CDB en raison de la présence de l'écho rouge sur leur droite. Le virage a ensuite été réalisé afin d'éviter de se rapprocher de la forme rouge devant et identifiée comme le Mont Cameroun. La mise en virage a été prudente en raison d'un doute sur la nature exacte de l'écho sur leur droite.

Peu de temps après il a perçu l'alarme et a aperçu les arbres sur la montagne alors qu'ils étaient en virage. Il explique s'être polarisé au cours de la manœuvre d'urgence sur l'assiette, qu'il a estimée à 20°, et la poussée. La manœuvre avait été débutée en virage. Il a entendu l'annonce du deuxième copilote demandant de mettre les ailes à plat. Il pense que le ND affichait des blocs rouges jusqu'à environ 13 000 ft, et a entendu les annonces du PM de stopper la montée à 11 000 puis 12 000 ft. Ils se sont stabilisés à 13 000 ft.

Il est resté PF pour l'approche vers Douala. Le CDB lui a demandé si ça allait, et sa voix calme l'a aidé. L'approche s'est déroulée sans incident, il explique s'être concentré sur la tenue de l'axe, du plan, et de la vitesse. Une fois terminée la check-list « *shutdown* » il a ressenti des tremblements. Il a cherché dans le manuel d'exploitation la procédure à suivre en cas d'incident grave, pensant que la rotation serait arrêtée.

Il ajoute que l'entraînement à l'alarme EGPWS est utile, et qu'il l'a fait à de nombreuses reprises, en ligne droite et en rapprochement d'un relief. Il précise néanmoins qu'il jugerait utile de s'entraîner à la manœuvre au cours d'un virage.

Concernant l'analyse de l'incident, il considère que l'équipage a mal identifié la menace constituée par le Mont Cameroun en cas de sortie de la route prévue par le plan de vol, les priorités ayant été identifiées dans cet ordre lors du briefing : la météo, l'ATC, le relief au départ de Malabo.

### 2.2.3 Copilote de renfort

Il a effectué le vol CDG – Douala en tant que PF puis a occupé la fonction de copilote de renfort sur les deux segments Douala – Malabo puis Malabo – Douala.

Le briefing au départ de Malabo a insisté sur les conditions météorologiques, le vol court et les difficultés de radiocommunications, notamment en raison de l'absence de couverture radar. Le CDB lui a demandé d'être « *[ses] yeux et [ses] oreilles* ».

Il explique que la préparation du vol a été marquée par les incertitudes sur les conditions météorologiques. Il y avait de gros orages à Douala avec de la forte pluie. Les pilotes ont donc recherché des informations météorologiques les plus précises et les plus récentes possibles. Le contact HF avec Douala n'était pas possible. Ils ont eu un contact par téléphone satellite avec Air France pour avoir les informations. La personne leur a lu la carte satellite et a appelé le chef d'escale de Douala afin de leur retransmettre les informations. L'orage se déplaçait vers Douala mais était en régression et des avions atterraient à Douala.

Peu après le départ de Malabo, le contrôleur de Douala a posé de nombreuses questions à l'équipage concernant le vol. Ces échanges ont occupé le PM pendant plusieurs minutes.

La fiche d'arrivée de Douala n'est pas à l'échelle (Malabo est dans un encart) donc la notion de distance est un peu perdue. Leur représentation de la menace du relief était erronée.

Il indique avoir été surpris par l'annonce de l'EGPWS. Ils étaient alors en virage à droite pour se rapprocher de Douala et en cours d'évitement d'un écho sur le radar météo. Il pensait que cet écho, au nord de la trajectoire, était le relief du Mont Cameroun. Au cours de la manœuvre d'urgence, il indique qu'ils sont montés vers le FL 130 ; « *la menace s'est alors effacée du ND* ».

La poursuite du vol s'est bien passée, et ils ont décidé conjointement de poursuivre la rotation vers CDG. Ce dernier vol s'est déroulé normalement, avec une bonne communication entre les membres d'équipage tout au long du vol.

Il estime que la formation à la manœuvre d'urgence est efficace.

#### **2.2.4 PNC présent dans le poste de pilotage**

Le PNC occupait le *jumpseat* situé derrière le siège du copilote PF. Il ne portait cependant pas de casque et ne pouvait donc entendre ni les conversations entre les trois membres d'équipage de conduite, ni les communications ATC. Il ne dispose pas de licence de pilote.

Il a noté qu'en cours de vol, l'équipage suivait une route « *plus à gauche* » que la trajectoire prévue et a remarqué que les trois membres d'équipage de conduite étaient penchés, très concentrés sur le radar météo.

Juste avant le déclenchement de la première alarme, il a vu une masse sombre sur la droite qu'il a pensé être la côte. Il indique avoir vu l'avion prendre une assiette importante puis a remarqué que le deuxième copilote regardait les actions du PF. Il l'a entendu crier « *les ailes à plat, tu monteras plus vite* ». Il a reconnu la forme des arbres au sol (la lune était pleine et les nuages lointains).

### **2.3 Affichage du radar météorologique sur le ND du Boeing 777**

Chaque ND de l'avion peut afficher au choix les informations de terrain de l'EGPWS ou les informations élaborées par le radar météorologique.

Dans le Manuel de formation des équipages (FCTM) du Boeing 777, il est recommandé que l'un des pilotes surveille les informations de terrain et l'autre pilote les informations du radar météorologique lorsque que le relief ou des obstacles sont proches de la trajectoire prévue. L'utilisation du mode *Terrain* pendant la nuit ou par conditions IMC lorsqu'il y a une proximité avec le relief ou les obstacles et à tout moment dans les espaces sans couverture radar est également recommandée.

Le manuel d'exploitation des équipages (FCOM) d'Air France ne prescrit pas de répartition entre les affichages des ND du PF et du PM. Il est recommandé d'adapter les affichages en fonction des besoins. L'exploitant a indiqué qu'en pratique, un ND affiche les informations de relief et l'autre les informations du radar météorologique.

Le principe du radar météorologique est basé sur la réflectivité des précipitations dans l'atmosphère. Une échelle de couleur permet de caractériser l'activité du nuage, du vert pour les zones de plus faible intensité au rouge pour les zones de forte intensité.



Source : Air France

Figure 5 : Exemple d'affichage d'écho radar sur le ND

Le radar filtre les échos provenant du sol, cependant il est possible dans certaines circonstances que le radar capture et affiche un écho sol. Dans ce cas, en raison de la réflectivité du sol, cet écho apparaît en rouge sur le ND en mode *Weather* de la même manière qu'une cellule orageuse active.

Afin de discriminer un écho sol d'une masse nuageuse, il est possible de changer le mode du ND pour basculer sur le mode *Terrain*. Les informations affichées sont alors celles de la base de données de l'EGPWS, ce qui permet d'effacer les cellules nuageuses. Le rafraîchissement de l'affichage prend néanmoins plusieurs secondes, aussi il est important de garder ce mode actif le temps que l'image constituée soit complète et actualisée. Des essais en simulateur ont montré qu'il fallait environ huit secondes pour que l'affichage du ND en mode *Terrain* soit complet.

Il est à noter que lorsque l'affichage du ND est en mode *Weather*, les échos des précipitations peuvent être représentés avec des symboles semblables à l'écho d'un relief lorsque le ND est en mode *Terrain*. Cependant, en mode *Terrain*, les éléments de couleur ambre et rouge ne sont affichés que lorsque l'avion est à moins de 2 000 ft au-dessus du terrain et que l'alerte associée est active.

Lors du vol de l'incident, le PF a observé des échos rouges sur son ND en mode *Weather* et il a basculé l'affichage en mode *Terrain* pour pouvoir déterminer de façon sûre leur nature.

Il n'a pas observé de relief face à l'avion et a considéré que l'écho oblong mobile était un « faux écho », ne correspondant à aucune réalité. Cette compréhension l'a encouragé à suivre l'indication du CDB de tourner à droite.

## 2.4 EGPWS sur Boeing 777

### 2.4.1 Affichage sur le ND

Les informations sur le relief sont affichées à partir des éléments contenus dans la base de données de l'EGPWS. Il ne s'agit ainsi pas de données détectées par les systèmes de l'avion.

Lorsque la hauteur de l'avion par rapport au relief environnant est supérieure à 2 000 ft, ce dernier apparaît en nuances de vert en fonction de la marge de franchissement estimée. Lorsque la hauteur de l'avion est inférieure à 2 000 ft, ce même relief est représenté en fonction de la marge de franchissement :

- ❑ pointillé vert pour les obstacles entre 2 000 et 500 ft plus bas ;
- ❑ pointillé ambre pour les obstacles entre 500 ft plus bas et 2 000 ft au-dessus de l'altitude de l'avion ;
- ❑ pointillé rouge pour les obstacles situés plus de 2 000 ft au-dessus de l'altitude de l'avion.

*Note : les zones en pointillés sont remplacés par des zones « pleines » pour le relief associé à l'alerte, en cas de déclenchement d'alerte EGPWS.*

En cas de déclenchement d'une alerte sonore EGPWS, si aucun ND n'est en mode *Terrain*, les deux ND passent en mode *Terrain* afin d'afficher les reliefs à proximité de l'avion (voir illustration ci-après).



Source : BEA

Figure 6 : Exemple d'affichage d'une alarme EGPWS TERRAIN sur le ND

## 2.4.2 Manœuvre d'urgence associée à l'alarme EGPWS « PULL UP »

Le déclenchement d'une alarme EGPWS de type « *PULL UP* » est associé à la réalisation de la manœuvre d'urgence suivante :

Call out : «PULL UP»	
Pilot Flying	Pilot Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disengage autopilot</li> <li>• Disconnect autothrottle(s)</li> <li>• Aggressively apply maximum* thrust</li> <li>• Simultaneously roll wings level and rotate to an initial pitch attitude of 20°</li> <li>• Retract speedbrakes</li> <li>• If terrain remains a threat, continue rotation up to the pitch limit indicator or stick shaker or initial buffet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assure maximum* thrust</li> <li>• Verify all required actions have been completed and call out any omissions</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Do not change gear or flap configuration until terrain separation is assured</li> <li>• Monitor radio altimeter for sustained or increasing terrain separation</li> <li>• When clear of the terrain, slowly decrease pitch attitude and accelerate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitor vertical speed and altitude (radio altitude for terrain clearance and barometric altitude for a minimum safe altitude)</li> <li>• Call out any trend toward terrain contact</li> </ul>

Source : FCOM Air France

Figure 7 : Manœuvre d'urgence associée à l'alarme « *TERRAIN AHEAD PULL UP* »

*Note : l'application immédiate et conforme de la manœuvre d'urgence ne garantit pas le franchissement du relief ayant conduit au déclenchement de l'alarme.*

Chez Air France, sur la période 2012-2016, les entraînements à la manœuvre d'urgence « *PULL UP* » ont été réalisés selon des scénarios différents. En particulier, l'avion pouvait être en palier ou en virage. Lorsque le copilote PF a réalisé cet entraînement, l'avion avait les ailes à plat.

## 2.5 Aides à la navigation

### 2.5.1 Altitudes de sécurité

La route MORA est une altitude qui garantit une marge de franchissement d'obstacle d'au moins 1 000 ft<sup>(7)</sup> jusqu'à 10 NM autour de la route prévue. Une route MORA est ainsi calculée pour chaque segment du plan de vol et indiquée dans le dossier de vol de l'équipage.

Pour le vol de l'incident, la route MORA la plus critique était de 10 700 ft, en raison du relief présent à proximité de Malabo, et proche de la trajectoire de décollage. La route prévue étant éloignée de plus de 10 NM du Mont Cameroun (13 202 ft), ce dernier n'affectait pas les routes MORA des autres segments du plan de vol.

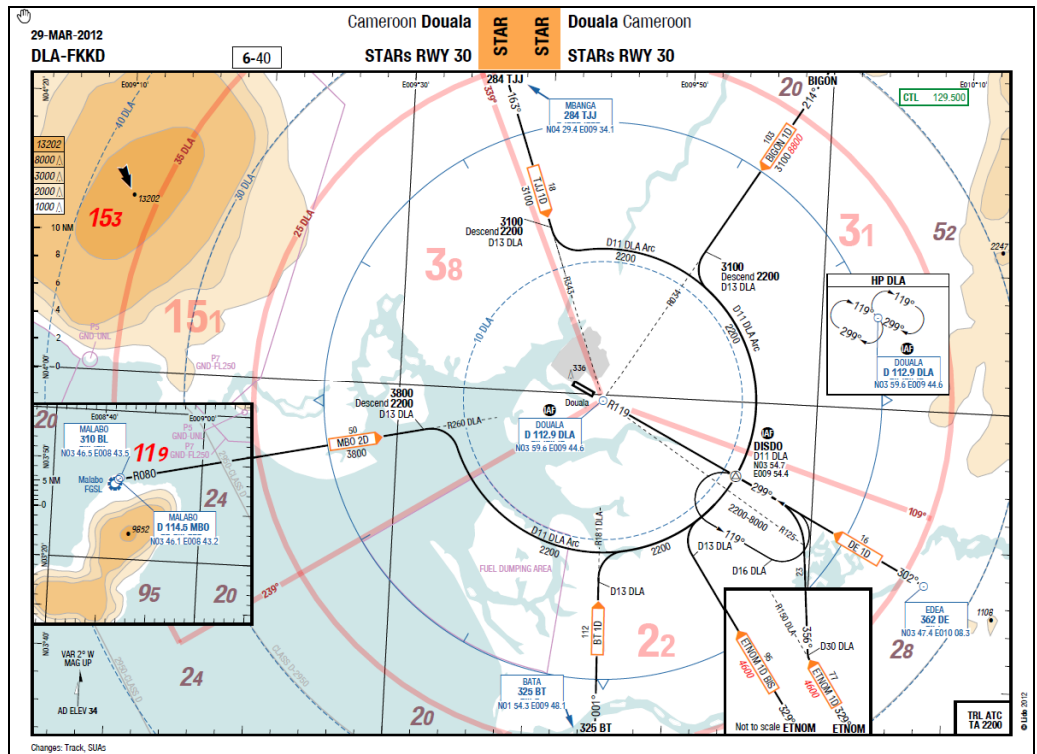
La *grid* MORA est une altitude de sécurité donnée pour une zone délimitée par deux parallèles et deux méridiens séparés de 1°. La *grid* MORA dans le secteur du Mont Cameroun est de 15 300 ft, et de 2 400 ft au-dessus de la mer au sud du Mont Cameroun.

*Note : Ni la MORA ni la grid MORA ne sont affichées sur le ND du Boeing 777.*

<sup>(7)</sup> Cette marge est de 2 000 ft en cas de relief supérieur à 5 000 ft.

## 2.5.2 Cartes et suivi du vol

En raison de la faible distance entre Malabo et Douala, l'équipage a décidé de conduire son briefing et réaliser le suivi du vol avec la carte d'arrivée de Douala (Voir Figure 8).



Source : Air France

Figure 8 : Carte LIDO utilisée par l'équipage pour le suivi de son vol

Cette carte fait apparaître le terrain de Malabo dans un encart, plaçant cet aéroport dans le bon relèvement du terrain de Douala, mais à une distance qui n'est pas à l'échelle. Il se situe en réalité au sud-ouest à environ 40 NM.

Le jour de l'incident, le virage à droite immédiatement après le décollage permet d'éviter la menace constituée par le relief présent sur l'île de Malabo. La représentation de la carte d'arrivée de Douala a pu ensuite laisser croire que le vol passait au sud du Mont Cameroun et que la trajectoire n'interférait pas avec le relief.

La carte fait notamment apparaître :

- les reliefs autour de l'aéroport de Malabo, avec un sommet à 9 852 ft ;
- le Mont Cameroun, et l'altitude de son sommet à 13 202 ft ;
- des *grid* MORA s'élevant à 15 300 ft autour du Mont Cameroun.

Une fois en vol, l'équipage a utilisé les informations du radar météo affichées sur le ND pour piloter les évitements des orages.

## 2.6 Ligne Malabo - Douala

La ligne Malabo-Douala a été ouverte par Air France le 30 juin 2008. Préalablement au début de l'exploitation sur cette ligne, Air France a conduit une étude de ligne basée sur un chiffrage des risques sur les terrains de Malabo et de Douala. Ce chiffrage permet de quantifier un niveau de risque global en fonction des particularités de chaque aérodrome. Il n'existe pas d'évaluation du risque sur la phase de croisière de la ligne considérée.

Pour ce type de vol particulièrement court, la croisière est réalisée à des altitudes inhabituellement basses, et en particulier inférieures à celles des reliefs présents entre Malabo et Douala et imposant des MORA élevées. Des phénomènes météorologiques intenses (pluies, orages) sont par ailleurs connus dans cette région et peuvent affecter significativement les trajectoires des avions en croisière. Lors de l'étude de ligne réalisée avant le début d'exploitation, l'absence d'étude de la phase de croisière n'a ainsi pas permis d'identifier la menace constituée par ces reliefs et aucune contre-mesure ne pouvait être mise en place.

Sur la période 2015-2017, un total de quinze ASR a été recensé par Air France sur cette ligne, sans compter celui de l'événement. L'étude des quinze ASR ne fait pas ressortir de problème spécifique au Mont Cameroun. Un événement a conduit l'équipage à faire des évitements de cumulonimbus en direction du Mont Cameroun. L'équipage avait identifié l'altitude de sécurité à respecter (15 300 ft) et avait entré un repère dans le FMS afin de ne pas risquer un rapprochement non détecté avec ce relief. Deux autres événements sont liés à un risque de collision avec le sommet proche de l'aérodrome de Malabo.

## 3 - 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

Au cours de la préparation du vol, les menaces liées au relief au départ de Malabo, aux conditions météorologiques et à des communications ATC nombreuses ont été identifiées et ont conduit le commandant de bord (CDB) à demander au copilote de renforcer une attention particulière pendant tout le vol.

Après le briefing et avant le départ, l'équipage était attentif à l'évolution météorologique et a recherché des informations actualisées à plusieurs reprises afin de décider du meilleur moment pour partir. L'information selon laquelle deux avions avaient pu atterrir a conduit l'équipage à débiter le vol.

Peu après le décollage, l'équipage a viré à droite pour rejoindre la route du plan de vol, en prenant soin de tourner de manière à éviter le relief de Malabo. Les deux pilotes avaient positionné leurs écrans de navigation (ND) en mode *Weather*, ce qui différait de la répartition prévue pendant le briefing pré-vol. Ce choix de réglage pourrait traduire la préoccupation du CDB (PM) pour les évitements des cumulonimbus, alors que la croisière se faisait au-dessus de l'eau et que le relief de Malabo avait été évité après le décollage. Ce choix était cohérent avec les menaces identifiées lors du briefing.

L'évitement des masses orageuses a conduit l'équipage à sortir significativement de la route prévue par le plan de vol. Bien que la proximité du Mont Cameroun ait été évoquée lors du briefing, le risque de rapprochement dangereux avec ce relief n'a pas été identifié.

L'équipage a géré sa trajectoire avec comme préoccupations l'évitement des masses nuageuses et les communications avec les contrôleurs aériens. Il s'est éloigné ainsi de la route prévue par le plan de vol et s'est rapproché du Mont Cameroun situé au nord de la route prévue.

Le copilote (PF) a cherché à lever le doute sur la nature des larges échos rouges affichés par le radar météorologique en passant temporairement son ND en mode Terrain. Bien que techniquement adaptée, cette action a été réalisée pendant un temps trop court (cinq à six secondes) pour que le radar de l'avion ne construise une image complète de la situation. Cela a conduit le PF à penser que le Mont Cameroun était devant eux.

Lorsque le CDB (PM), quelques instants plus tard, a suggéré de tourner à droite pour rejoindre le début de l'arc DME, il pensait qu'ils se situaient au sud sud-ouest du Mont Cameroun. Cette erreur de représentation a été favorisée par la présentation de la carte papier utilisée pour naviguer.

Le PF a encore douté de leur position exacte et de la nature de l'écho à droite, mais ne l'a pas verbalisé. Après un temps d'hésitation, il a suivi la suggestion du commandant de bord (PM). Ce doute a été manifesté par une mise en virage lente du PF.

Une trentaine de secondes après la mise en virage, les alertes EGPWS « *TERRAIN AHEAD* » puis « *PULL UP* » ont retenti et les deux ND sont passés en mode *Terrain*.

Le déclenchement de ces alertes a permis au PF de prendre conscience de la présence du Mont Cameroun. La réaction à l'alarme a été rapide. Lors de la réalisation de la manœuvre d'urgence, le PF a maintenu dans un premier temps l'inclinaison, ce qui a fait l'objet d'une annonce du copilote de renfort.

Au cours de la manœuvre, préoccupé par le risque de collision avec un autre trafic, le CDB (PM) a observé l'environnement extérieur et a demandé au PF de stopper la montée au FL 110 puis au FL 120 alors que le sommet du Mont Cameroun est supérieur à ces altitudes. Cette préoccupation a été motivée par la survenue d'une collision en vol avec un autre trafic lors d'une séance de simulateur du CDB quelques mois avant l'incident.

Le contrôleur aérien, acteur notamment de la prévention des collisions entre aéronefs, n'a pas été informé de la manœuvre et de la sortie de l'altitude assignée.

La montée a été interrompue au FL 130, en dessous de l'altitude de sécurité *grid MORA*, et le vol a été poursuivi sans autre incident jusqu'à l'atterrissage. Au cours de l'approche, le CDB a sollicité le copilote pour savoir s'il se sentait en mesure de rester en fonction. Cette demande, faite d'une voix calme, a aidé ce dernier à rester concentré sur la conduite du vol jusqu'à l'atterrissage.

## Éléments d'analyse

### Erreur de positionnement et conscience du relief

La carte utilisée, en comportant un encart pour faire figurer Malabo, contribue à la difficulté d'avoir une représentation exacte de la situation. Elle ne favorise pas la représentation du plan de vol par rapport aux éléments présents sur la carte, notamment le Mont Cameroun. La faible longueur du vol encourage à utiliser cette carte permettant de visualiser simultanément les aérodromes de départ et d'arrivée. En outre, la *grid mora* n'est pas affichée sur le ND et aurait pu alerter l'équipage et l'amener à vérifier les altitudes de sécurité de la zone survolée. L'ensemble de ces facteurs a conduit à une erreur d'identification par l'équipage de la position réelle de l'avion par rapport au relief. Les altitudes de sécurité indiquées sur le dossier de vol ne permettaient pas d'identifier d'autre risque lié au relief sur la route prévue. L'équipage pouvait ne pas avoir conscience que l'altitude du relief alentour était supérieure à leur altitude de croisière, habituelle sur cette étape, mais exceptionnelle sur une phase de croisière « *standard* » sur Boeing 777.

En utilisant les deux ND en mode radar météorologique, l'équipage a interprété l'écho généré par la masse nuageuse se situant en face de l'avion comme un écho provoqué par le Mont Cameroun. L'écho provoqué par le Mont Cameroun a lui été considéré comme un faux écho.

Ces facteurs ont entraîné une erreur de positionnement qui a conduit l'équipage à faire tourner l'avion vers le Mont Cameroun lorsqu'il pensait rejoindre l'arc DME prévu par la carte d'approche.

### Travail en équipage et répartition des tâches

L'équipage était composé d'un commandant de bord (CDB) et de deux copilotes, dont un de renfort en raison du départ retardé de l'avion.

Le CDB a demandé au copilote de renfort qu'il surveille particulièrement le vol en étant « *[ses] yeux et [ses] oreilles* ». Le copilote de renfort s'est associé aux sujets de préoccupation imposés par la conduite du vol, en l'occurrence l'évitement d'orages, comme en témoigne le PNC en poste qui a expliqué voir les trois membres d'équipage « *penchés* » sur le radar météo. Dans ce contexte, aucun membre d'équipage n'a détecté le fait que les évitements des cumulonimbus les conduisaient à s'écarter significativement de leur plan de vol et rendaient caduques les altitudes de sécurité prévues par celui-ci.

Le PF a temporairement utilisé le mode *Terrain* du ND en raison d'un doute sur l'identification d'une masse rouge à droite de la trajectoire. Ce doute n'a pas fait l'objet d'une communication explicite et n'a donc pas été levé. L'équipage est ainsi resté dans son erreur de positionnement, contribuant ainsi au rapprochement avec le Mont Cameroun. La mise en virage prudente par le PF est symptomatique de la persistance de son hésitation quant à la nature de cette masse rouge.

## Étude de ligne

L'exploitant a conduit une étude de ligne préalable à l'exploitation entre Douala et Malabo. Cette étude s'appuie sur le chiffrage du risque sur les aérodromes de départ et de destination. Ainsi cette analyse a conduit à identifier des risques liés à la présence de relief à Malabo comme à Douala. En revanche, il n'existe pas d'évaluation du risque sur la phase de croisière de la ligne. Or sur les lignes courtes, la croisière peut se faire à des altitudes faibles, potentiellement inférieures à celle du relief, comme l'illustre cet incident.

La phase de croisière peut ainsi présenter des risques particuliers dont l'identification par l'exploitant pourrait permettre une meilleure prise en compte par les équipages. L'étude de ligne, effectuée en amont par l'exploitant, devrait permettre d'identifier ces risques, les porter à la connaissance des équipages et proposer des mesures d'atténuation. La conscience de la situation des équipages en serait ainsi renforcée, avec un bénéfice d'autant plus important que l'actualisation des menaces en vol ne peut être garantie dans une phase dynamique, comme lors d'évitements de cellules orageuses.

## Réalisation de la manœuvre d'urgence

L'application immédiate de la procédure d'urgence associée à une alarme EGPWS comme «*PULL UP*» est primordiale pour maximiser l'évitement du terrain. La manœuvre d'urgence ne garantit cependant pas son franchissement, c'est pourquoi il est important de pouvoir bénéficier de la pente de montée la plus importante possible. La procédure permet de tirer sur le manche jusqu'à l'apparition du stick shaker ou de *buffet*, réduisant significativement les marges au décrochage. Celles-ci seront d'autant plus préservées que l'avion aura les ailes à plat. La poursuite d'un virage lors de la survenue de ce type d'alarme est possible lorsque l'équipage a une bonne conscience de la situation, notamment de jour lorsque le relief responsable de l'alarme est visible.

La manœuvre d'urgence a été réalisée sans délai par le PF et surveillée notamment par le copilote de renfort qui lui a rappelé de mettre les ailes à plat. Les scénarios d'entraînement ne prévoyaient pas tous de faire cette manœuvre en virage, de sorte que la mise des ailes à plat ne faisait pas partie des vérifications systématiquement effectuées par les instructeurs.

## Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la perte de conscience de la situation concernant la position de l'avion par rapport au relief et au rapprochement avec le Mont Cameroun :

- La préoccupation de l'équipage pour l'évitement des masses orageuses et les comptes rendus avec l'ATC, au détriment de la surveillance de la trajectoire. L'équipage s'est écarté significativement du plan de vol prévu ce qui rendait caduc les altitudes de sécurité mentionnées par celui-ci.
- L'utilisation simultanée des deux radars en mode *Weather*.
- La représentation de l'aérodrome de Malabo sur une carte non à l'échelle, ne facilitant pas l'identification de la position de la route prévue par rapport au relief.
- L'absence d'affichage des altitudes de sécurité MORA ou *grid mora* sur le ND du Boeing 777.

- ❑ L'absence d'étude de la phase de croisière lors de l'évaluation des risques par l'exploitant préalablement à l'ouverture de la ligne entre Douala et Malabo, conduisant à ne pas identifier de risque de rapprochement dangereux avec le relief en croisière.

Le déclenchement des alertes EGPWS et la réaction sans délai de l'équipage ont permis d'éviter la collision avec le relief.

### **Mesures prises par l'exploitant**

À la suite d'une enquête interne de sécurité, des recommandations ont été émises concernant notamment :

- ❑ *l'amélioration des possibilités de consultation des informations météorologiques en escale,*

*Cela a été rendu possible grâce à l'utilisation d'un nouvel outil de préparation des vols et à l'accès direct des équipages à une nouvelle application concernant les données météorologiques.*

- ❑ *la modification des fiches terrain de Malabo et Douala,*

*Les consignes de l'exploitant des fiches terrain ont été modifiées en mars 2016. La fiche STAR de procédure d'arrivée à Douala (utilisée par l'équipage lors de l'incident) a été modifiée, de manière à faire apparaître l'aérodrome de Malabo sans encart et à la bonne distance du Mont Cameroun.*