

## Approche par vent de travers fort et turbulent déstabilisation en-dessous de 200 ft, arrondi tardif et atterrissage dur

<b>Aéronef</b>	Airbus A319-111 immatriculé F-GRHS
<b>Date et heure</b>	13 décembre 2011 vers 07 h 45 <sup>(1)</sup>
<b>Exploitant</b>	Air France
<b>Lieu</b>	Aérodrome de Paris Charles-de-Gaulle, CDG (95)
<b>Nature du vol</b>	Transport public régulier de passagers Vol Hambourg – CDG
<b>Personnes à bord</b>	Commandant de bord (PF), copilote (PM), 3 PNC et 114 passagers
<b>Conséquences et dommages</b>	Train d'atterrissage principal endommagé

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

### 1 - DÉROULEMENT DU VOL

*Note : le déroulement du vol a été établi à partir des témoignages des pilotes, des paramètres de vol issus du FDR et des communications avec les contrôleurs. Les données de l'enregistreur phonique (CVR) n'ont pu être exploitées en raison d'une défaillance de l'enregistreur qui a altéré l'intelligibilité des données vocales.*

L'équipage de l'Airbus 319 décolle de Hambourg Fuhlsbüttel (Allemagne) à 06 h 26 pour effectuer le vol AF2511 à destination de CDG. Le commandant de bord est le Pilote en Fonction (PF).

La croisière est effectuée au FL380 avec le pilote automatique 1 engagé.

A 7 h 09 min, l'équipage débute la descente et se prépare à une approche ILS pour la piste 27R. L'approche est réalisée de jour en IMC<sup>(2)</sup>. Le pilote automatique (AP), les directeurs de vol (FD) et l'auto-poussée (A/THR) sont engagés. La vitesse est en mode sélecté. L'équipage a retenu la configuration 3 pour l'atterrissage en raison du vent turbulent annoncé (220°/29 kt, rafales à 37 kt).

A 7 h 37 min 43, établi sur l'axe du localizer de la piste 27R, l'équipage sélectionne la « conf 1 », puis 1 min 30 plus tard la « conf 2 ». La vitesse indiquée est de 219 kt, en diminution vers la vitesse cible sélectionnée de 210 kt.

A 7 h 40 min 40 à une distance d'environ 14 NM du seuil 27 R, l'avion s'établit sur le plan de descente (glide slope) de la piste 27R.

Quelques minutes avant le passage des 3 500 ft QNH<sup>(3)</sup>, des conditions de vent turbulent apparaissent et font osciller l'avion en roulis. L'amplitude de ce roulis augmente progressivement, atteignant 5° à gauche et 4° à droite à 7 h 42 min 30. L'assiette oscille entre environ 0,5° et 2,5° à cabrer. Les automatismes de l'avion actionnent alternativement les ailerons et la gouverne de profondeur afin de contrer ces oscillations. Les amplitudes de débattement de ces gouvernes sont relativement faibles.

<sup>(2)</sup>Conditions météorologiques de vol aux instruments.

<sup>(3)</sup>Calage altimétrique requis pour lire l'altitude de l'aérodrome au sol.

A 7 h 42 min 43, l'avion est à 3 500 ft QNH, au cap 255° (dérive de 11° droite). Le PF désengage l'A/THR puis l'AP et poursuit l'approche manuellement. Cinq secondes plus tard, l'équipage s'annonce à 9 NM en finale sur la piste 27R. Le contrôleur l'autorise à l'atterrissage et lui indique un vent du 220° pour 25 kt avec des rafales à 38 kt. Après le désengagement de l'AP, la position enregistrée du mini-manche du PF indique une activité très importante du PF en roulis et en tangage et des actions sur la poussée jusqu'au toucher des roues (*voir courbes ci-après*).

La position du mini-manche du PF oscille entre les deux positions de déflexion maximale à gauche et à droite (- 20° à + 20°). L'avion reste sur l'axe du localizer tandis que l'inclinaison oscille entre 6° à gauche et 6,5° à droite. Dans ce même intervalle de temps, la position du mini-manche du PF oscille entre 14° à cabrer et 8° à piquer (déflexion maximales - 16° à + 16°). L'assiette de l'avion varie entre 1° à piquer et 6,5° à cabrer. L'avion oscille autour du plan de descente à 3° avec un écart maximum d'environ 80 ft au-dessous, et d'environ 110 ft au-dessus, respectivement à 6,8 NM et 4,6 NM du seuil de la piste 27R. L'angle de dérive de l'avion varie entre 10° et 15° avec le nez de l'avion à gauche de l'axe du localizer.

A 7 h 44 min 25, l'équipage sort le train d'atterrissage puis sélectionne la « conf 3 » avant le passage des 2 000 ft QNH. Il passe alors la vitesse en mode managé<sup>(4)</sup>.

A 7 h 45 min 41, lors du passage des 1 000 ft radio-sonde, la trajectoire de l'avion est stabilisée. La vitesse indiquée est de 154 kt (Vapp target<sup>(5)</sup> = 149 kt). La vitesse verticale est d'environ - 750 ft/min. Le cap de l'avion est de 252° et la dérive de 15° droite. Le vent est approximativement du 210° pour 45 kt<sup>(6)</sup> (composante traversière de 23 kt avec des rafales à 41 kt).

A 7 h 45 min 47, la vitesse indiquée est de 165 kt, supérieure de 15 kt à la Vapp target (150 kt).

A 7 h 46 min 16, lors du passage des 500 ft radio-sonde l'avion se trouve pratiquement sur le plan de descente (- 0,2 point). Sa vitesse indiquée est de 148 kt (Vapp target = 141 kt). La vitesse verticale est d'environ - 700 ft/min. Le vent est approximativement du 205° pour 35 kt.

A 7 h 46 min 43, lors du passage des minima à 200 ft radio-sonde, l'avion se trouve légèrement au-dessous du plan de descente (- 0,3 point) avec une vitesse indiquée de 141 kt (Vapp target = 138 kt). La vitesse verticale est d'environ - 600 ft/min. Le cap de l'avion est de 253° et la dérive de 11° droite. La vitesse du vent est d'environ 34 kt et sa direction d'environ 194°.

A 7 h 46 min 47, l'avion passe 150 ft radio-sonde. Il est sous le plan de descente (- 0,7 point) avec une vitesse verticale d'environ - 750 ft/min. L'assiette longitudinale est de + 2,5°. La vitesse indiquée est de 151 kt (Vapp target = 138 kt soit Vapp + 13 kt). Le PF agit sur la profondeur à cabrer (à 3/4 de la butée). L'assiette de l'avion commence à augmenter et la vitesse verticale en descente commence à diminuer.

A 7 h 46 min 51, l'avion est à 110 ft radio-sonde sur le plan de descente, la vitesse verticale est d'environ - 375 ft/min l'assiette longitudinale est de + 3,5°, le PF a une action à piquer et la vitesse verticale en descente commence à augmenter.

<sup>(4)</sup>Le passage de la vitesse en mode managé permet de faire apparaître la valeur de la Vapp target (triangle magenta) sur le bandeau de vitesse du PFD

<sup>(5)</sup>La Vapp target affichée sur le PFD est déterminée par les calculateurs de l'avion en fonction de la Vapp et des conditions de vent instantanées (*voir chapitre 2.6.2*).

<sup>(6)</sup>La composante maximale de vent de travers démontrée pour un Airbus A319 est de 38 kt rafale incluse. Cette limite démontrée par Airbus s'exprime en termes de vent au sol.

A 7 h 46 min 53, à 90 ft de hauteur radio-sonde, l'avion a une vitesse indiquée de 159 kt (Vapp target = 138 kt soit Vapp + 21 kt). Il est au-dessus du plan de descente (+ 0,4 point) avec une assiette de + 1,1°. La vitesse verticale est d'environ - 800 ft/min. Le cap de l'avion est de 257° et la dérive de 8° droite. Le vent est approximativement du 190° pour 26 kt.

A 7 h 46 min 57, à 25 ft radio-sonde, l'avion a une vitesse indiquée de 152 kt (Vapp target = 138 kt). L'inclinaison est de 7° à gauche et l'assiette est de + 2,1°. Le PF applique deux ordres à piquer successifs (respectivement 1/4 puis à 20 ft à 1/3 de la butée) entraînant une diminution de l'assiette longitudinale de 2,1° à 0,4° à cabrer. Le vent est approximativement du 190° pour 25 kt.

A environ 20 ft, alors que le PF n'a pas encore débuté l'arrondi, l'avion passe d'une inclinaison à droite de 3° à une inclinaison à gauche de 7°. Le PF applique alors une action en roulis en butée à droite. Les manettes de poussée sont légèrement reculées sans atteindre la butée IDLE (ralenti).

A 7 h 46 min 58, L'arrondi est initié à 15 ft radio-sonde à une vitesse de 155 kt supérieure de 17 kt à la Vapp (Vapp target = 138 kt). L'assiette longitudinale est de + 0,4° et l'inclinaison est de 4° à gauche. Le PF débute l'arrondi et positionne le mini-manche en butée à cabrer et en butée à droite avec le palonnier à droite à mi-course. Le PM<sup>(7)</sup> positionne également son mini-manche à cabrer jusqu'à un peu plus de la moitié de la butée. Les manettes de poussée est légèrement avancées.

A 7 h 46 min 59, le train principal touche la piste avec un facteur de charge vertical de 2,66 g. L'assiette longitudinale est + 3,5° et l'inclinaison est de 2,5° à droite et la vitesse verticale est d'environ - 800 ft/min. Le PF exerce alors un ordre à piquer en butée sur le mini-manche alors que le PM relâche son action à cabrer.

A 7 h 47 min 00, les manettes de poussée sont positionnées sur TOGA (poussée maximale). Une seconde plus tard, le mode « SRS »<sup>(8)</sup> s'engage, puis les manettes de poussée sont positionnées sur IDLE. Les destructeurs de portance se déploient puis les inverseurs de poussée sont activés à 7 h 47 min 06.

Vers 7 h 48 min, lors du roulage vers le point de stationnement, l'équipage informe le contrôleur qu'il a effectué un toucher « *très dur* ».

<sup>(7)</sup>Pilot monitoring  
pilote non en fonction.

<sup>(8)</sup>Speed  
Reference System.

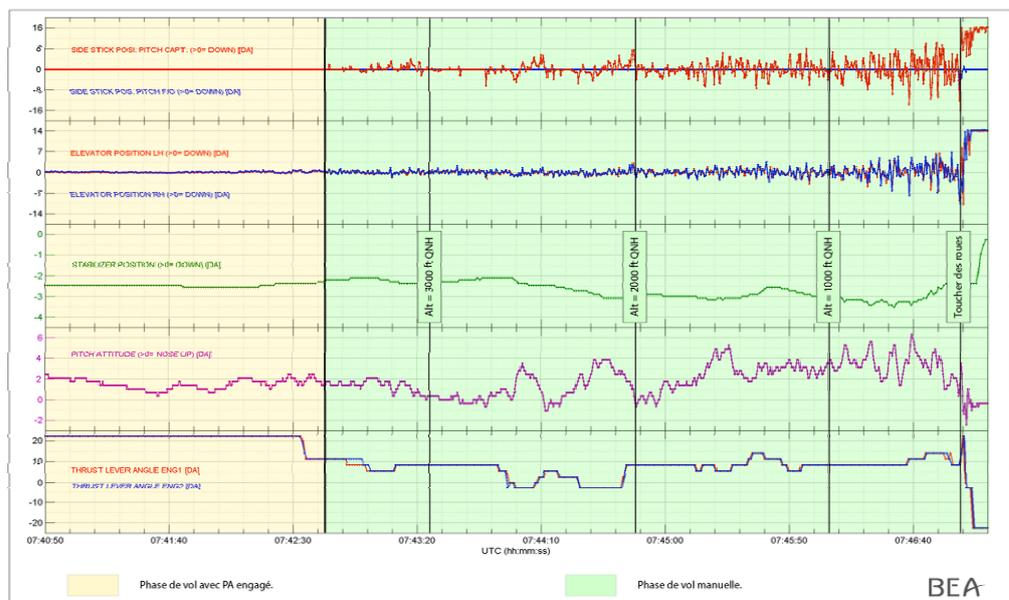
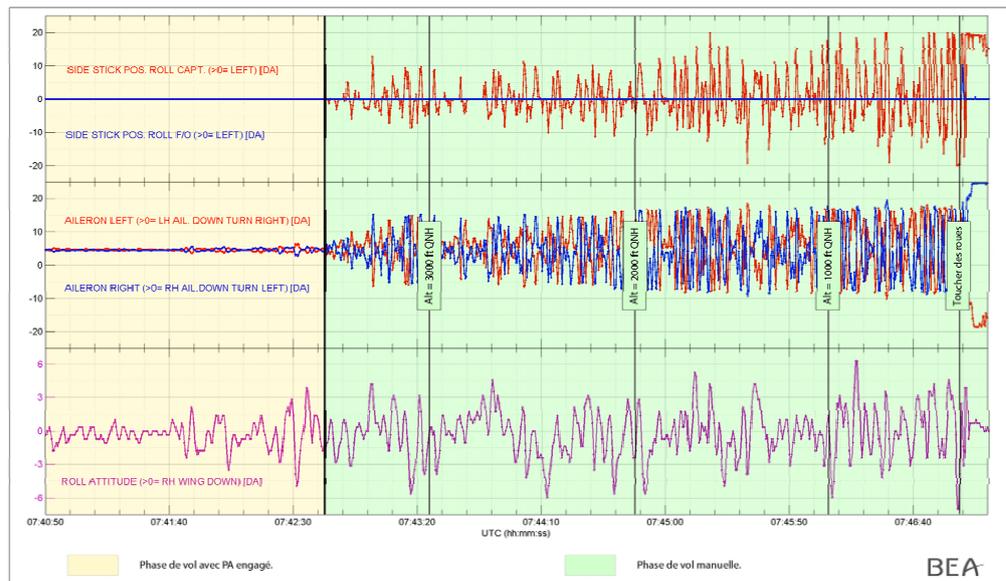


Figure 1 : attitude de l'avion et actions du PF en roulis, tangage et sur l'A/THR entre 4000 ft et le toucher des roues

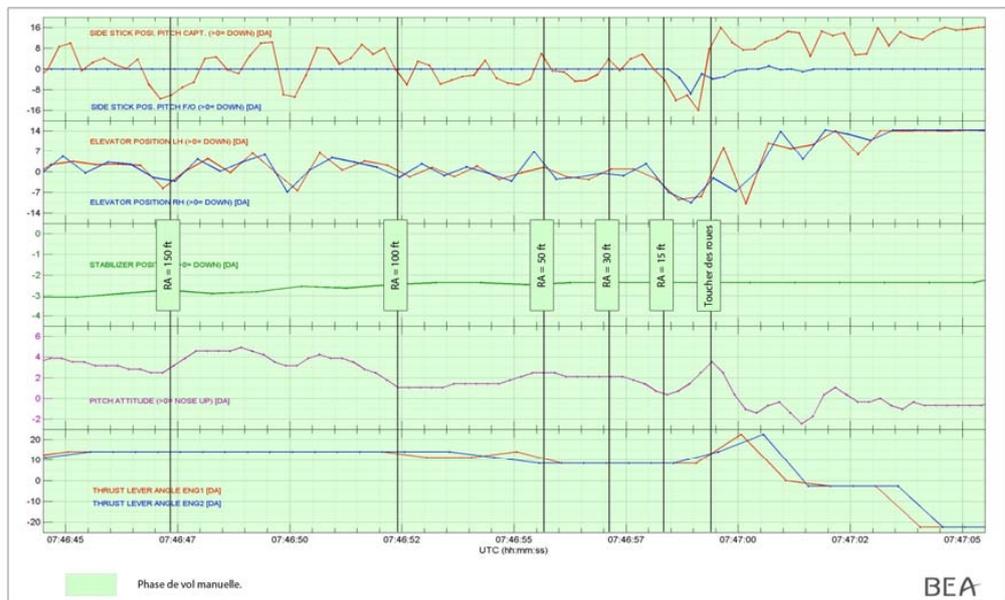
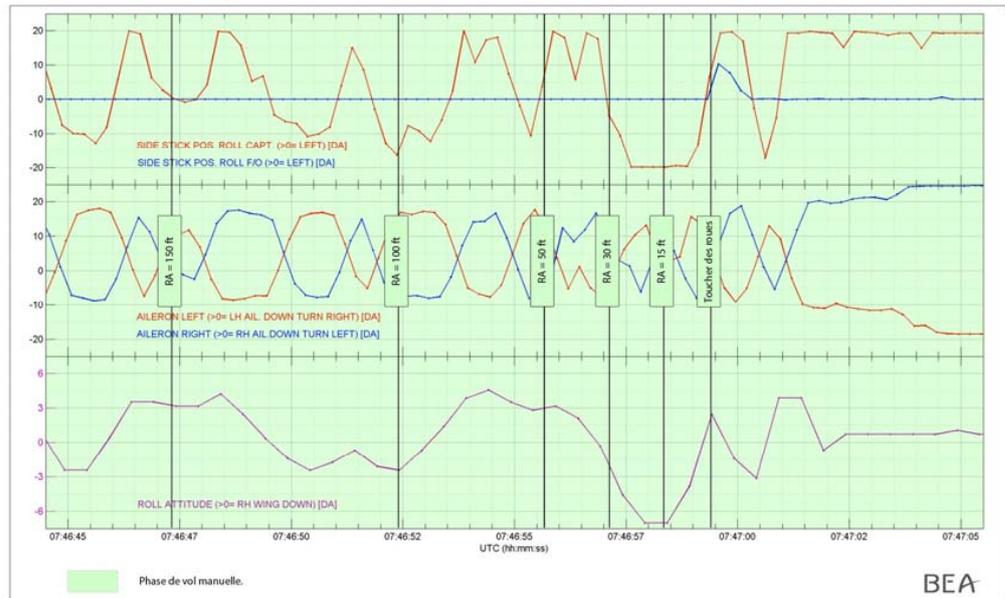


Figure 2 : attitude de l'avion et actions du PF en roulis, tangage et sur l'A/THR entre 200 ft et le toucher des roues

## 2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

### 2.1 Dommages à l'aéronef

Les trains principaux gauche et droit ont été remplacés.

### 2.2 Masse et centrage

Lors de l'événement, la masse et le centrage étaient dans les limites fixées par le constructeur. La masse enregistrée dans l'enregistreur de vol de paramètres (FDR) à l'atterrissage était d'environ 60,4 t (MLW de 61 t).

## 2.3 Renseignements sur le personnel

A la date de l'accident, le commandant de bord âgé de 44 ans totalisait environ 10 000 heures de vol dont environ 2 700 sur type. Il a débuté sa carrière au sein de la compagnie en 1992 et avait volé sur Boeing 737 et 777. Il a obtenu sa qualification de type Airbus A320 en mars 2007 et a été nommé commandant de bord en juin 2007.

Le copilote âgé de 25 ans totalisait environ 2 100 heures de vol dont environ 1 660 sur type. Il a débuté sa carrière au sein de la compagnie en 2008 et a obtenu sa qualification de type Airbus A320 en août 2008.

## 2.4 Renseignements météorologiques

Le message d'observation de CDG de 7 h 30 était le suivant :

METAR LFPG 130730Z **20026G38KT**<sup>(9)</sup> 8000 BKN011 10/09 Q0997 **TEMPO 21025G45KT**<sup>(10)</sup>

Le message ATIS R de 7 h 34 indique :

- approche ILS Piste 27R ;
- piste mouillée ;
- vent 220 °/ 29 kt, rafales 37 kt<sup>(11)</sup> ;
- visibilité 8 km, pluie légère, BKN à 1 000 pieds ;
- température 10 °C, température du point de rosée 9 °C ;
- QNH 997 hPa.

### Informations de vent affichées

Les informations de vent (vitesse et direction) enregistrées dans le FDR sont calculées dans chacun des trois ADIRU. Ces informations de vent ont une précision de 10°/10 kt pour des vitesses de vent supérieures à 50 kt. Pour de faibles vitesses de vent, la direction du vent est moins fiable. Les informations de vent fournies ci-dessous sont à titre informatif.

Entre 07 h 42 min (3 600 ft radio-sonde) et 7 h 46 min 50 s (150 ft radio-sonde) le vent enregistré est variable en direction de 232° à 217° et variable en intensité de 71 à 27 kt. Au cours de l'approche, le F-GRHS a rencontré en moyenne :

- 37 kt de vent de face ;
- 32 kt de vent de travers gauche.

### Reconstruction du vent

Afin d'obtenir des valeurs plus précises, Airbus a recalculé les composantes du vent à partir de la différence entre le vecteur vitesse sol (calculé par la centrale à inertie) et le vecteur vitesse air (calculé par la centrale anémométrique). Airbus dispose d'un logiciel spécifique permettant de calculer le vent à partir de données FDR.

Entre 850 ft radio-sonde et le sol, les calculs montrent :

- une diminution de 23 kt à 11 kt de la vitesse moyenne du vent de face, accompagnée de fortes et rapides variations (deux sauts de 12 kt en deux secondes à respectivement 650 ft et 300 ft radio-sonde). Ces variations consistent en une augmentation puis une diminution importante du vent de face en quelques secondes, entraînant des variations de vitesse indiquée ;

<sup>(9)</sup>Soit une composante traversière de 24 kt avec des rafales à 35 kt.

<sup>(10)</sup>Soit une composante traversière de 23 kt avec des rafales à 37 kt.

<sup>(11)</sup>Soit une composante traversière de 21 kt avec des rafales à 27 kt.

- une diminution de 37 kt à 24 kt de la vitesse moyenne du vent traversier, accompagnée de fortes et rapides variations (saut d'environ 14 kt en une seconde à 450 ft) ;
- une vitesse moyenne de vent vertical nulle, accompagnée de deux variations maximum de 8 kt (environ 810 ft/min) en une à deux secondes, à une hauteur d'environ 350 ft (composante ascendante) et 300 ft (composante descendante).

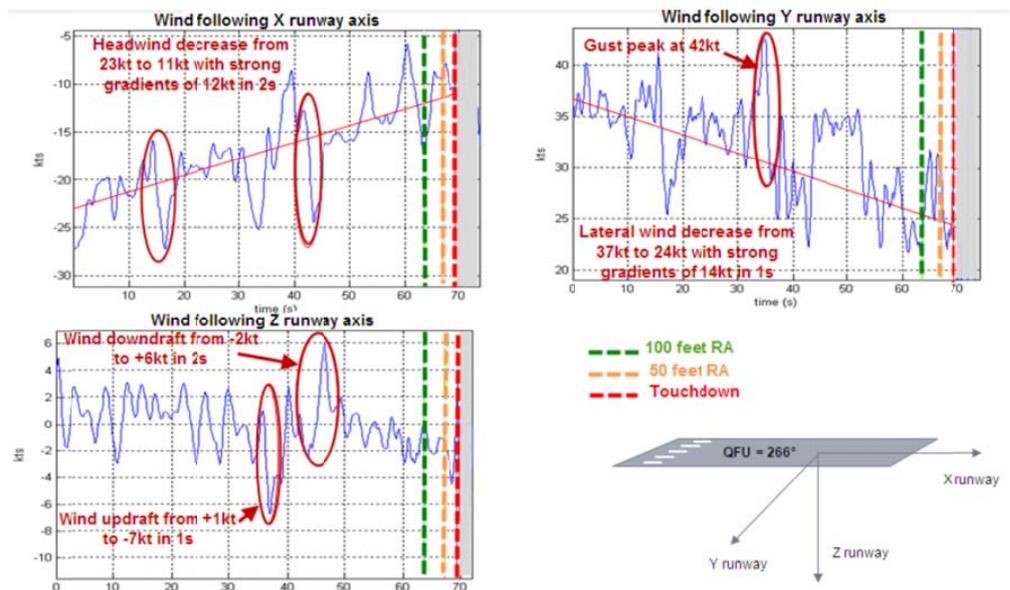
Cette reconstruction des composantes du vent indique :

- des conditions turbulentes avec un fort vent traversier de la gauche et des rafales pouvant dépasser 40 kt juste avant la déconnexion du pilote automatique ;
- l'absence de vent rabattant en courte finale.

Les données enregistrées dans le FDR (reactive windshear<sup>(12)</sup>) montrent que l'alarme de détection de cisaillement de vent ne s'est pas déclenchée.

On peut considérer que l'équipage a subi du cisaillement de vent, dont l'intensité n'a cependant pas dépassé les seuils de détection du « système Reactive Windshear ». Les variations de vent significatives ont lieu au dessus de 300 ft. En dessous de 100 ft, le vent de face varie d'environ 8 à 9 kt. Entre 75 ft et le sol, la variation n'excède pas 3 kt.

<sup>(12)</sup> Zone dans laquelle il règne des vents de directions opposées et de vitesses variables sur une courte distance.



Source : Airbus

Figure 3 : reconstruction du vent

**T=0 seconde correspond au passage des 850 ft**

## 2.5 Témoignages de l'équipage

### Commandant de bord (PF)

Le commandant de bord indique que lors de la consultation des informations météorologiques la veille du vol, il avait identifié la possibilité d'un vent fort à l'arrivée à CDG. La situation météorologique étant comparable sur les aérodromes de Lille (59) et Orly (94), il avait choisi Lyon comme aérodrome de dégagement et décidé d'embarquer 11 tonnes de carburant. Il précise que lors de la préparation du vol, il avait revu avec le copilote les procédures turbulence et cisaillement de vent. Il ajoute que lors du briefing avant atterrissage, l'équipage avait décidé d'effectuer l'atterrissage en « *conf 3* », AP et A/THR désengagés et l'AUTO BRAKE sur médium.

Il précise qu'il était peu habitué à l'utilisation de l'A/THR et qu'il préférerait effectuer l'approche avec l'A/THR désengagée. Le plancher de stabilisation était fixé à 1 000 ft sol. Il ajoute qu'il avait expliqué au copilote qu'il pouvait demander l'interruption de l'approche s'il le jugeait nécessaire. L'ATIS O reçu par ACARS à 06 h 47 mentionnait un vent du 210° pour 25 kt avec des rafales à 37 kt. Il explique qu'il a regardé la valeur de la Vapp indiquée par le MCDU<sup>(13)</sup> et que durant l'approche il a utilisé cette valeur en lui ajoutant de 5 à 10 kt comme vitesse cible en pilotage manuel mais sans modifier la valeur affichée en page PERF APPROACH sur le MCDU. Après le passage à 200 ft il a vu les trois feux rouges sur le PAPI et la speed trend augmenter. Il explique qu'il a été surpris en courte finale par l'inclinaison rapide de l'avion vers la gauche et qu'il a redouté un toucher de la piste par l'aile gauche. Il précise qu'il n'a pas eu le temps d'arrondir. Il a pensé faire un atterrissage interrompu, mais comme il a constaté que l'avion ne dérapait pas il a préféré réduire la poussée et sortir les inverseurs de poussée.

### Copilote (PM)

Le copilote indique qu'ils ont pris la météo par ACARS, ce qui a permis à l'équipage de confirmer la présence de rafales à l'arrivée à CDG. Il ajoute que la procédure en vol turbulent a été revue et, bien que celle-ci préconise l'utilisation de l'AP et l'A/THR, ils étaient d'accord pour ne pas les utiliser.

Il explique que le vol est devenu turbulent dans les basses couches et précise que la situation était sous contrôle jusqu'à 200 ft. Il ajoute qu'à partir de 200 ft la situation est devenue plus difficile. Il a indiqué au commandant de bord qu'il passait sous le plan en courte finale. Il a également annoncé « *vitesse* » et indique que la vitesse est alors redevenue nominale. A une hauteur qu'il estime à 30 ou 40 ft, il a ressenti un fort taux de roulis de l'avion vers la gauche et annoncé « *inclinaison* ».

<sup>(13)</sup>Multipurpose control and display unit.

## 2.6 Documentation opérationnelle Airbus et Air France en vigueur au moment de l'accident

### 2.6.1 Approche stabilisée

Dans la documentation opérationnelle d'Airbus en vigueur au moment de l'événement, il est mentionné que l'objectif est d'être stabilisé sur le plan de descente finale à la vitesse d'approche dans la configuration atterrissage à partir de 1 000 ft AGL en conditions IMC, après une décélération continue sur le plan de descente. Pour être stabilisé, toutes les conditions suivantes doivent être réunies au plus tard à l'altitude de stabilisation :

- la vitesse est comprise entre Vapp target - 5 kt et Vapp target + 10 kt ;
- l'assiette est comprise entre - 2,5° et + 7,5° ;
- l'inclinaison est inférieure à 7°;
- la vitesse verticale est inférieure à - 1 000 ft/min ;
- la déviation LOC est inférieure à 0,25 point ;
- la déviation GS est inférieure à 1 point.

Si ces critères ne sont pas satisfaits, notamment en raison de perturbations extérieures, la documentation prévoit d'interrompre l'approche à moins que l'équipage estime que des corrections minimales permettront de corriger les écarts.

la documentation opérationnelle d'Air France prévoit qu'en dessous d'une hauteur de 1 000 ft, la vitesse verticale doit être limitée à 1 000 ft/min. Après l'annonce « *Stabilisé* » du PM, en cas de déstabilisation manifeste ou de doute sur la réalisation de l'atterrissage, une approche ou un atterrissage interrompu doit être exécuté.

### 2.6.2 Vapp, Ground speed mini, Vapp target

#### Vitesse d'approche Vapp

La Vitesse d'approche Vapp calculée par le FMGC est fonction de la masse, de la configuration, et du vent de face.

$Vapp = VLS^{(14)} + \text{MAX}(5\text{kt}, 1/3 \text{ de la valeur de la composante sur l'axe de piste du vent donné par la tour})$ .

En cas de risque de windshear lié à des conditions turbulentes, l'équipage peut majorer à discrétion la valeur de la correction de vent insérée dans la page PERF du MCDU jusqu'à  $Vapp = VLS + 15$ . Cette valeur deviendra la valeur de référence pour le calcul de la Ground speed mini et la Vapp target.

#### Ground Speed mini

L'objectif de la Ground speed mini est de maintenir un niveau d'énergie minimum, quelles que soient les variations de vent ou les rafales. Elle permet une gestion efficace de la poussée en cas de rafales ou de cisaillements longitudinaux. La Ground speed mini est une vitesse de calcul, non directement présentée au pilote.

$GS \text{ Mini} = Vapp - \text{la composante sur l'axe de piste du vent donné par la tour}$ .

<sup>(14)</sup>VLS (Lowest selectable speed) désigne la plus faible vitesse pouvant être prise en compte par l'A/THR. En dehors de la phase de décollage, elle vaut 1,23 ou 1,28 fois la vitesse de décrochage, à 1 g, de la configuration considérée.

<sup>(15)</sup>différence entre le vent longitudinal instantané mesuré par l'avion et celui donné par la tour.

### Vapp Target

La Vapp target est la vitesse cible d'approche finale calculée par le FMGC et affichée sur le bandeau de vitesse du PFD (triangle magenta) en mode managé. Elle est le repère de vitesse que va chercher l'A/THR ou le pilote, si l'A/THR est désengagée, quand la configuration finale a été sélectionnée et que la vitesse est managée.

Vapp target = MAX (Vapp, GS mini + composante sur l'axe longitudinal avion du vent instantané mesuré par l'avion) = MAX (Vapp, Vapp + la rafale longitudinale instantanée<sup>(15)</sup>).

La Vapp target évolue donc en fonction du vent instantané mesuré par l'avion. Quand la rafale longitudinale augmente, Vapp target augmente d'autant. Le pilote qui observe l'augmentation de la Vapp target est donc directement informé que l'avion subit une rafale longitudinale positive par rapport au vent de la tour inséré au MCDU.

### 2.6.3 Vol en conditions turbulentes

Le vol en conditions turbulentes fait l'objet de préconisations spécifiques au niveau de l'utilisation des automatismes, de la configuration finale, de la Vapp, de la technique de pilotage.

#### Utilisation des automatismes

La documentation (FCTM NO-100 « *Approach general* ») recommande l'utilisation de tous les automatismes avec l'A/THR en mode managé pour l'approche.

Managed speed should be used for final approach as it provides Ground Speed mini (GS mini) guidance, even when the VAPP has been manually inserted.

The purpose of the ground speed mini function is to keep the aircraft energy level above a minimum value, whatever the wind variations or gusts.

This allows an efficient management of the thrust in gusts or longitudinal shears. Thrust varies in the right sense, but in a smaller range ( $\pm 15\%$  N1) in gusty situations, which explains why it is recommended in such situations.

It provides additional but rational safety margins in shears.

It allows pilots "to understand what is going on" in perturbed approaches by monitoring the target speed magenta bugs: when target goes up = head wind gust.

#### **AP DISCONNECTION**

During the final approach with the AP engaged, the aircraft will be stabilised. Therefore, when disconnecting the AP for a manual landing, the pilot should avoid the temptation to make large inputs on the sidestick.

### Configuration finale

La configuration 3 peut être utilisée comme configuration finale, car elle permet de garder un niveau d'énergie supérieur et produit moins de traînée que la configuration full.

## Pilotage

Le FCTM « *Supplementary Information Adverse weather* » indique :

If the aircraft is flown manually, the flight crew should be aware of the fact that flight control laws are designed to cope with turbulence. Therefore, they should avoid the temptation to fight turbulence, and should not over-control the sidestick.

Le manuel d'exploitation d'Air France partie GENOPS précise qu'une utilisation accrue des aides au pilotage doit être privilégiée lorsqu'il est nécessaire de se dégager de la disponibilité, en particulier lors de la réalisation d'une approche en conditions météorologiques marginales.

La partie TU A319 (Procédures normales - Phases de vol - Atterrissage) ajoute qu'en cas d'approche / atterrissage avec turbulences fortes l'A/THR doit être engagée et la vitesse managée. En cas d'atterrissage par fort vent de travers, l'utilisation, avec précaution, du manche en contrôle latéral ne doit se faire qu'avec de faibles débattements, afin de maintenir les ailes horizontales. Le manche doit être au neutre au toucher du train principal.

### 2.6.4 Arrondi

Airbus indique que dans les conditions d'approche stabilisée, à la hauteur d'environ 30 ft, le pilote débute l'arrondi et positionne les manettes de commande de poussée sur la butée IDLE. Le pilote ne doit pas laisser l'avion flotter, particulièrement par vent de travers, ni tenter de prolonger l'arrondi en augmentant l'assiette pour réaliser un atterrissage doux.

Le constructeur déconseille les ordres à piquer une fois que l'arrondi est commencé. S'il n'est pas possible d'atteindre un point de toucher normal, ou si l'avion est déstabilisé avant l'arrondi, l'équipage doit interrompre l'atterrissage.

Airbus indique que l'assiette standard lors d'une approche à la Vapp sur une trajectoire de - 3° pour un Airbus A319 est de 3,4°. L'assiette lors du toucher est de 7,7°.

Si l'arrondi est débuté trop tard, le temps nécessaire au changement d'assiette ne sera pas suffisant pour permettre le changement adéquat de trajectoire de l'avion.

Un arrondi tardif, d'amplitude insuffisante ou relâché augmente le risque d'atterrissage dur.

## 2.7 Dysfonctionnement de l'enregistreur phonique

Le CVR a présenté un défaut de fonctionnement qui a rendu inexploitable les données audio enregistrées.

Ce cas de défaillance fonctionnelle avait été constaté à trois reprises par le BEA sur des CVR de même type (CVR TEAM AP71232101). L'AESA en avait été informée par une lettre du 17 février 2012.

La défaillance de ces enregistreurs a conduit chaque fois à une perte totale ou partielle de renseignements utiles à la sécurité ; sur ces quatre cas, deux faisaient l'objet d'une enquête dans le cadre respectif d'un incident grave et d'un accident. Ces événements ont incité le BEA à alerter l'AESA sur le faible niveau de fiabilité de cette série d'équipement.

Le principal exploitant de cette série de CVR est la compagnie Air France qui possède un parc de 67 CVR dont 57 sont placés en exploitation sur sa flotte d'A320 et d'A340. Une consultation des données de maintenance de cet exploitant a permis de déterminer que, sur la période allant de janvier 2011 à septembre 2013, la compagnie avait procédé à 56 déposes de CVR TEAM, 31 ayant été identifiés non fonctionnels. Des tests complémentaires ont montré que sur ces 31 CVR en panne, seuls 23 étaient identifiés par les tests quotidiens réalisés à bord de l'avion. L'expertise menée avec l'équipementier (Cobham-TEAM) et l'exploitant (Air France) a mis en évidence les faiblesses du test sur banc et des tests réalisés sur l'avion en visite avant vol et en maintenance ; le contrôle de l'équipement au moyen des outils en vigueur n'assurait pas la vérification exhaustive du bon fonctionnement du CVR.

Le BEA considère que dans cette situation, il est impossible pour les opérateurs de se prononcer sur l'état opérationnel réel de cette série d'équipements embarqués. Par conséquent, le risque de perte d'informations nécessaires aux enquêtes de sécurité est élevé dès lors qu'il serait fait usage d'un CVR de cette série.

Le 15 avril 2014, l'AESA a publié la consigne de navigabilité AD n° : 2014-0088 qui demande le remplacement des CVR de marque TEAM dont le numéro de type est compris entre AP71232101 et AP71231101. Les opérateurs disposent de 18 mois à partir du 29 avril 2014 pour effectuer le remplacement. A la date de publication de ce rapport, Air France a procédé au remplacement de tous les CVR concernés.

### **3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION**

#### **3.1 Pilotage en condition de fort vent traversier**

Cet évènement illustre les difficultés rencontrées par un équipage lors de la réalisation d'une approche en condition de vent très turbulent proche de la limite de la composante de vent traversier démontrée par le constructeur.

Lors de l'approche finale, la stabilisation de l'aéronef a nécessité de la part du PF de très nombreuses actions correctrices en roulis et en tangage atteignant parfois la butée de débattement des commandes (phénomène de « *sur-contrôle* »). Cette forte activité de pilotage manuel a sollicité une partie importante des ressources du PF sur une longue période en raison du désengagement de l'AP à 3 500 ft QNH.

Dans ce contexte, le choix de désengager l'A/THR a pu rendre la charge de travail excessive en l'obligeant à se concentrer également sur la vitesse et la gestion des manettes de commande de la poussée. Le choix de majorer mentalement de 5 à 10 kt la valeur de la Vapp target plutôt que d'insérer directement cette majoration en page PERF du MCDU l'a également privé d'un repère (Vapp target) qui aurait également permis au PM de surveiller plus facilement les éventuels écarts de vitesse. Ces différents choix ont ainsi pu ajouter une charge de travail non négligeable au PF.

Entre 1 000 ft et 200 ft, ce dernier a réussi à maintenir l'avion stabilisé sur la trajectoire, ce qui a conduit l'équipage à poursuivre l'approche. Il n'a alors pas été en mesure de prendre conscience que la forte activité de pilotage manuel avec des débattements de commandes parfois en butée ne permettrait peut être plus à l'équipage de faire face à une détérioration des conditions météorologiques sous 200 ft.

En dessous de 200 ft, l'approche est déstabilisée à plusieurs reprises en vitesse (variations de + 2 kt à + 20 kt au-dessus de la Vapp). Les actions au mini-manche du PF en tangage et en roulis sont très importantes et atteignent parfois les butées. Cette situation représente un critère objectif de déstabilisation.

Alors qu'il est attendu d'un équipage qu'il débute l'arrondi à environ 30 ft (action à cabrer et positionnement des manettes de commande de poussée sur la butée IDLE), le PF applique successivement deux ordres à piquer à 25 puis 20 ft entraînant une diminution de l'assiette longitudinale jusqu'à 0,4°, une valeur inférieure à la valeur de l'assiette standard lors d'une approche nominale (environ 3,4°).

A environ 20 ft, l'avion bascule d'une inclinaison à droite de 3° à une inclinaison à gauche de 7°<sup>(16)</sup>. Cette inclinaison contraint le PF à se focaliser sur le contrôle de l'inclinaison de l'avion au détriment du contrôle de l'assiette alors qu'il n'a toujours pas débuté l'arrondi. Craignant le contact entre l'aile et la piste, il applique alors une action en roulis en butée à droite. Les manettes de l'A/THR sont légèrement reculées sans atteindre la butée IDLE. Le PF et le PM appliquent un ordre à cabrer, respectivement en butée et en demi-butée alors que l'avion est à 15 ft à une vitesse supérieure de 17 kt à la Vapp. Lors du toucher du train principal, l'assiette de l'avion est de 3,5° à cabrer (l'assiette lors du toucher est nominalement d'environ 7,7°). Cet arrondi débuté tardivement n'a pas permis une réduction suffisante de la vitesse verticale de l'avion pour éviter l'atterrissage dur.

### 3.2 Absence de décision de remise de gaz

L'équipage indique dans son témoignage qu'il avait conscience de la présence de conditions de vent très défavorables et qu'il avait évoqué dans sa préparation de l'approche l'éventualité d'avoir à l'interrompre.

Le PM a indiqué avoir effectué des annonces sur l'inclinaison, la vitesse et le creusement du plan en courte finale, mais il n'a pas demandé l'interruption de l'approche. Le PF, accaparé par le pilotage, n'a probablement pas eu les ressources nécessaires pour décider seul d'interrompre l'approche avant le toucher des roues.

Dans sa publication Info Sécurité DGAC n° 2013/06<sup>(17)</sup>, la DGAC rappelle l'importance du rôle proactif du PM dans l'exploitation d'aéronefs en équipage à deux.

Il est ainsi écrit *« l'absence de réactivité du PM est souvent un facteur déterminant dans la genèse d'un accident ; elle est d'ailleurs souvent mise en avant dans des rapports d'enquête... Les fonctions de surveillance et de contrôle exercées par le PM sur les actions du PF constituent un élément essentiel d'une gestion optimale des ressources de l'équipage »*.

En outre, le BEA a émis une recommandation de sécurité en 2013 concernant l'efficacité du CRM<sup>(18)</sup> entre les deux membres d'équipage dans le cadre de l'étude sur les pertes de contrôle de la trajectoire en phase d'approche lors de la remise de gaz<sup>(19)</sup>. La recommandation FRAN-2013-019 traite spécifiquement de la diminution de performance du CRM dans le cadre des situations inusuelles / forte de charge de travail.

<sup>(16)</sup>Cette valeur correspond au critère de déstabilisation. Dans son témoignage le PM indique avoir annoncé « inclinaison ».

<sup>(17)</sup><http://www.developpement-durable.gouv.fr/document136435>

<sup>(18)</sup>Gestion des ressources de l'équipage.

<sup>(19)</sup><https://www.bea.aero/etudes/parg/parg.php>

Enfin, le rapport du BEA sur l'incident grave survenu en août 2013 à un Airbus A320 en approche vers l'aérodrome de Bordeaux Merignac<sup>(20)</sup> expose la difficulté pour le copilote, en tant que PM, de demander la remise de gaz alors que le PF est absorbé par la gestion d'une situation stressante.

### 3.3 Exploitation des automatismes de l'avion

Les documentations d'Airbus et d'Air France mentionnent que, par fort vent de travers, l'utilisation du mini-manche en contrôle latéral ne doit se faire qu'avec de faibles débattements. La documentation Airbus précise en effet que les lois de commande de vol de l'avion sont conçues pour faire face aux turbulences, et que l'équipage ne doit donc pas chercher à les combattre par des actions excessives sur le mini-manche.

Il n'est pas possible d'établir rétrospectivement le comportement qu'aurait eu l'avion dans les conditions de vent rencontrées en l'absence d'actions de grande ampleur de la part de l'équipage.

Néanmoins, l'ampleur de ces mouvements peut alerter l'équipage sur une situation indésirable, soit de sur-contrôle par l'équipage, soit de dépassement des limites de vent dans lesquelles les lois de commande de l'avion parviennent à stabiliser sa trajectoire.

Ainsi, depuis 2012, Air France a mené de nombreuses actions de prévention dans le cadre de sa gestion du risque « *atterrissage dur* ».

On peut notamment citer :

- le passage à la documentation du constructeur qui recommande notamment l'utilisation de l'A/THR ;
- la modification des programmes de formation des équipages sur l'utilisation de l'A/THR et l'interruption de l'approche et de l'atterrissage ;
- la mise en place de consignes dans le manuel d'exploitation MANEX partie A :
  - « *sous le plancher de stabilisation, une remise de gaz doit être exécutée :*
  - *dès qu'un pilote annonce « Go Around » ;*
  - *en cas d'alarme E/GPWS (TAWS), sauf configuration avion/approche particulière évoquée lors du briefing ;*
  - *en cas d'annonces d'écart successives par un des pilotes, ou si les conditions de stabilisation ne sont pas obtenues assez rapidement » ;*
- le développement et le suivi d'indicateurs de sécurité dédiés qui ont permis de suivre l'exposition de la compagnie au risque « *atterrissage dur* ». Le taux d'atterrissage dur (facteur de charge vertical supérieur à 2 g) est pratiquement stable depuis 2012, avec en moyenne un atterrissage dur pour 10 000 vols.

Depuis la clarification des règles et limites fixées par la compagnie sur la définition de la déstabilisation, le taux d'approche interrompue en cas d'approche non stabilisée a presque doublé.

### 3.4 Causes

L'atterrissage dur résulte d'une vitesse verticale excessive lors du toucher des roues en raison :

- d'ordres à piquer proches du toucher (25 et 20 ft radio-sonde) ;
- d'un arrondi débuté tardivement à une hauteur radio-sonde d'environ 15 ft ;
- d'une vitesse indiquée excessive (Vapp + 17 kt lors du toucher) et donc d'un fort taux de descente.

La charge de travail élevée du PF induite par le pilotage manuel dans des conditions de forts vents turbulents et l'absence d'annonce d'interruption de l'approche du PM malgré l'existence de critères objectifs de déstabilisation après le passage des 200 ft n'ont pas permis à l'équipage de prendre la décision d'interrompre l'approche.