

Heurt du fuselage avec la piste lors de l'atterrissage de nuit

Aéronef	Avion McDonnell Douglas MD-81 immatriculé OY-KHP
Date et heure	6 février 2010 à 18 h 25 UTC ⁽¹⁾
Exploitant	Scandinavian Airlines System (SAS)
Lieu	AD Grenoble-Isère (38)
Nature du vol	Transport public Service non régulier international de passagers
Personnes à bord	CDB (PNF) ; Copilote (PF) ; 4 PNC ; 127 passagers
Conséquences et dommages	Partie arrière du fuselage fortement endommagée

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

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Les éléments suivants sont issus des données FDR et de témoignages.

L'équipage décolle à 16 h 34 de l'aérodrome de Copenhague, à destination de Grenoble. Vers 17 h 53, l'équipage débute la descente pour une approche ILS en piste 09. Les conditions météorologiques à l'arrivée sont des conditions de vol à vue, de nuit avec un vent d'est de 8 kt. La lune encore sous l'horizon au moment de l'arrivée ainsi que la couverture nuageuse masquant les étoiles rendent la nuit particulièrement sombre. Le balisage lumineux de la piste et de la rampe d'approche est réglé sur le niveau le plus faible.

L'équipage est établi sur le localiser à environ 10 NM du seuil de piste et a la piste en vue.

A 18 h 23, à une hauteur de 1 500 ft environ, l'avion est sur les axes de l'ILS à une vitesse indiquée (IAS) de 157 kt, trains sortis, en configuration « 28 »⁽²⁾, pilote automatique et auto-manette engagés. La Vapp retenue est de 137 kt. Le sélecteur d'éclairage des phares d'atterrissage du train avant est en position basse intensité (position « DIM »).

A une hauteur de 1 000 ft environ, l'équipage déconnecte le pilote automatique. L'avion est stabilisé à une vitesse légèrement supérieure à Vapp sur le plan de descente et avec une vitesse verticale de - 700 ft/min.

A une hauteur d'environ 200 ft, le PF déconnecte l'auto-manette. La position des manettes recule légèrement et les EPR diminuent également. La position des manettes de poussée restera à partir de ce moment inchangée jusqu'au passage en position reverse.

L'approche reste stabilisée sur le plan de descente de 3° à une vitesse égale à Vapp + 3 kt et un taux de descente de 700 ft/min jusqu'à une hauteur de 100 ft.

⁽²⁾28° de braquage des volets et becs sortis.

Au passage des 100 ft, l'IAS commence à diminuer et passe en dessous de Vapp. Le taux de descente augmente et atteint 850 ft/min. L'assiette longitudinale est de 4° à cabrer et commence légèrement à augmenter.

A une hauteur de 30 ft, l'avion passe légèrement sous le plan de descente et l'IAS est de Vapp - 4 kt.

A une hauteur de 15 ft, la gouverne de profondeur est actionnée brutalement à cabrer entraînant une augmentation rapide de l'assiette longitudinale.

Deux secondes plus tard, l'arrière du fuselage touche la piste, avec une assiette longitudinale de 10,7°. Les traces laissées sur la piste indiquent un point de contact 166 mètres avant la zone de toucher des roues. La valeur de l'accélération verticale atteint un maximum de 1,95 g. Deux secondes plus tard, les manettes de poussée sont ramenées vers l'arrière et les inverseurs de poussée sont déployés. L'avion roule ensuite jusqu'au parking.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Expérience de l'équipage

☐ Commandant de bord : 12 720 heures de vol, dont 6 294 sur type

☐ Copilote : 3 441 heures de vol, dont 666 sur type

Le copilote avait été en arrêt maladie pendant les mois d'octobre et novembre 2009 pour cause d'inaptitude médicale liée au stress. Il avait été informé de son licenciement pour raison économique dans les semaines précédant le vol et devait cesser ses fonctions le 1^{er} mars 2010. Le matin du jour de l'accident, le copilote avait reçu une lettre en rapport avec les modalités de son licenciement.

L'équipage n'avait jamais atterri sur l'aérodrome de Grenoble avant le jour de l'accident.

Le commandant de bord a indiqué dans son témoignage qu'il préfère atterrir avec l'auto-manette engagée.

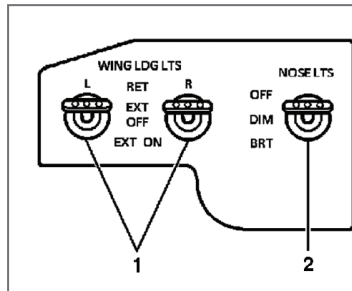
Le copilote a indiqué dans son témoignage qu'il a l'habitude de déconnecter l'auto-manette pour atterrir lorsque « tout a l'air normal ».

Les deux pilotes ont indiqué dans leurs témoignages que l'environnement autour de l'aéroport était très sombre le soir de l'accident.

2.2 Phares d'atterrissage

Le MD-81 est équipé de phares d'atterrissage et de roulage sur la roulette de nez et de phares d'atterrissage rétractables sur les ailes.

Le sélecteur des phares de la roulette de nez a 3 positions.



- Position OFF : phares éteints
- Position DIM : phares allumés, basse intensité
- Position BRT : phares allumés, forte intensité

D'après les témoignages des pilotes, les équipages de SAS sont incités à utiliser de préférence les phares en position « DIM », car le taux d'usure des phares en position « BRT » est important. La majorité des atterrissages de nuit se font avec les phares en position « DIM ». Cependant, le manuel d'exploitation laisse à l'équipage l'appréciation du niveau d'éclairement le plus adapté aux conditions extérieures.

Le jour de l'accident, la sélection du niveau d'éclairement ne faisait pas partie du briefing d'approche standard décrit dans le manuel d'exploitation.

2.3 Utilisation de l'auto-manette en approche

Le système Auto Throttle System (ATS) du MD-81 positionne automatiquement les manettes de poussée afin de maintenir une consigne de vitesse, de Mach, ou de poussée moteur.

Pour une approche ILS, le mode de l'auto-manette préconisé est le mode de maintien de vitesse (SPD SEL). Dans ce mode, la vitesse cible sélectionnée par l'équipage est maintenue par régulation automatique de la poussée jusqu'à 50 ft de radio-altitude. Le système passe ensuite en mode RETD et les manettes reculent progressivement jusqu'à la position ralenti vol. Ce dernier est atteint au moment du début de l'arrondi, effectué par l'équipage entre 30 et 20 ft. L'auto-manette se désengage à la sortie des inverseurs de poussée.

En approche finale, l'équipage doit sélectionner une vitesse appelée Vapp qui est la vitesse de référence (Vref) majorée d'au moins 5 kt. Pour le vol de l'accident, le manuel de vol du MD-81 indique une Vref de 132 kt⁽³⁾ et donc une Vapp de 137 kt.

Le manuel d'exploitation de SAS impose que la vitesse Vapp soit maintenue jusqu'au début de l'arrondi. Les écarts de vitesses doivent être annoncés par le PNF si la vitesse est supérieure à Vapp + 10 kt ou inférieure à Vapp - 5 kt.

Si l'ATS est désengagé, l'équipage doit gérer la poussée manuellement pour maintenir la vitesse et effectuer la réduction de poussée avant l'arrondi.

2.4 Limitations d'assiette longitudinale au toucher

L'assiette maximale au toucher des roues est indiquée dans le manuel d'exploitation de SAS.

⁽³⁾Pour une masse à l'atterrissage estimée à 56 t.

Pour un roulis nul et le sabot de queue non-compressé, l'arrière de l'avion touche le sol si :

- ☐ l'assiette est supérieure à 7,5° si le train est compressé et les pneus dégonflés ;
- ☐ l'assiette est supérieure à 11,2° si le train est non-compressé ;
- ☐ le jour de l'accident l'assiette au toucher était de 10,7°.

2.5 Annonces automatiques de radio-altitude

Le MD-81 est équipé d'un système EGPWS. Un des modes de ce système génère automatiquement des annonces vocales de hauteur lorsque l'avion est en descente. En particulier des annonces sont faites lorsque la radio-altitude atteint 50 ft, 40 ft, 30 ft, 20 ft et 10 ft.

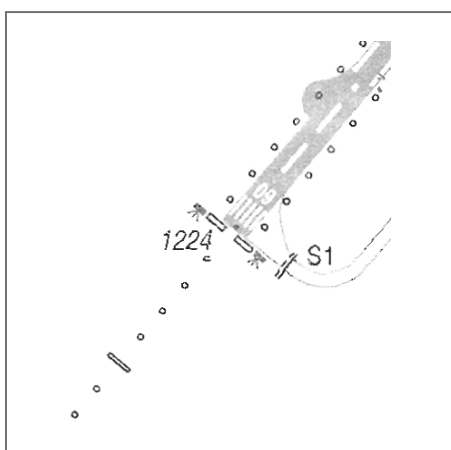
2.6 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Grenoble-Isère dispose d'une piste revêtue, d'une longueur de 3 050 mètres et d'une largeur de 45 mètres, orientée 09/27. La piste 09, en service lors de l'accident, est équipée d'un ILS et d'un dispositif lumineux d'approche de précision de catégorie 1. Elle a une pente montante de 0,8 %.

La piste 09 ne dispose ni d'un balisage lumineux axial ni d'un indicateur visuel de pente d'approche.

La réglementation française prévoit 4 configurations possibles de dispositifs lumineux d'approche de précision de catégorie 1.

Le dispositif lumineux de l'aérodrome de Grenoble est un dispositif lumineux d'approche simplifié. Il s'étend sur une longueur de 420 mètres et dispose d'une barre transversale d'approche située à 300 mètres du seuil de piste, comme indiqué sur la carte d'aérodrome publiée par le SIA.

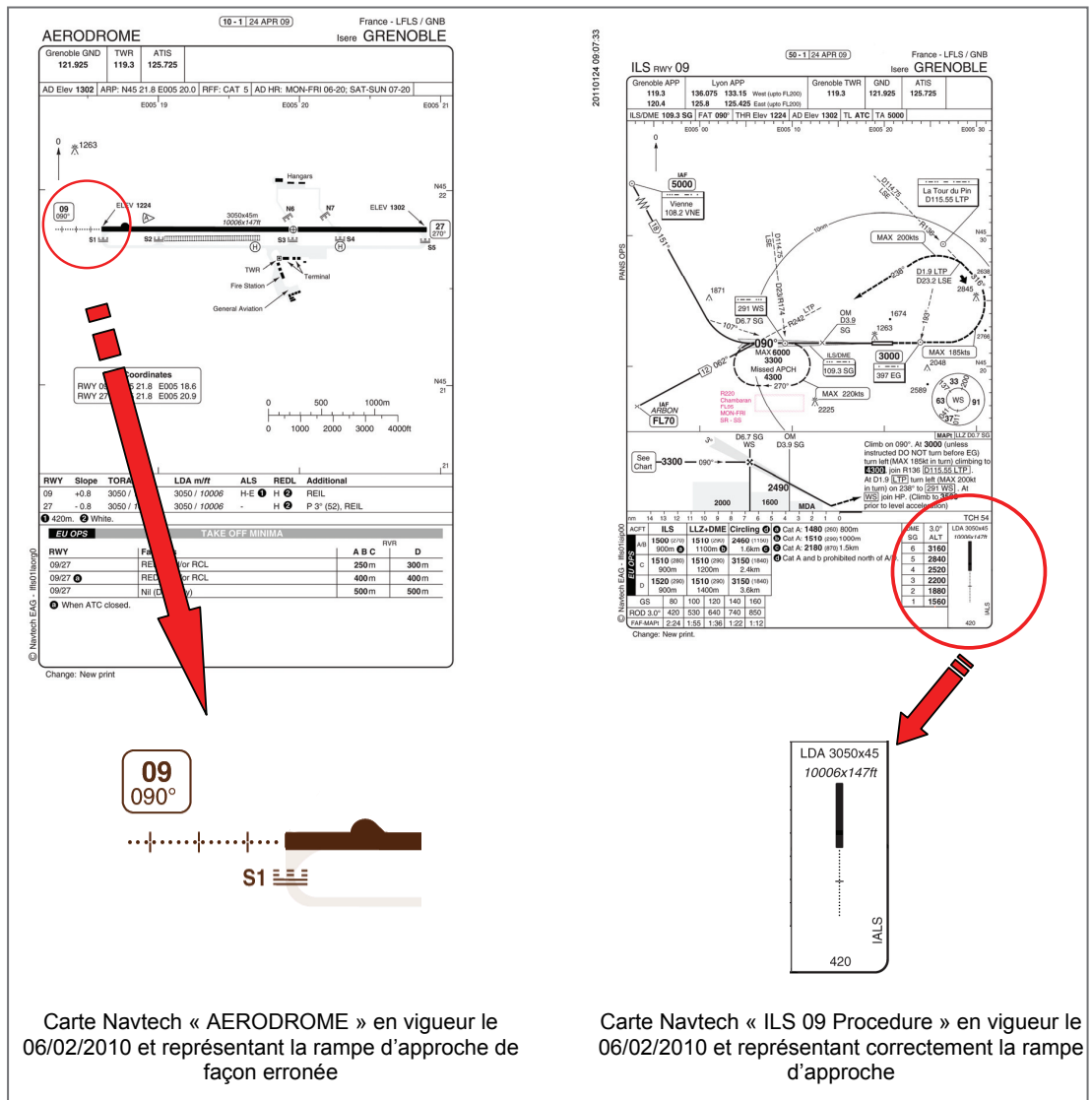


Symbologie présentée sur la carte d'aérodrome du SIA

Les équipages de la compagnie SAS utilisent des cartes éditées par la société Navtech EAG.

Le jour de l'accident, la carte « AERODROME » de Navtech EAG indiquait que la rampe d'approche était d'au moins 900 m et disposait de 3 barres transversales, alors qu'en réalité la rampe d'approche ne fait que 420 m et ne dispose que d'une seule barre transversale.

En revanche, la carte « ILS 09 Procedure » représentait correctement le balisage lumineux d'approche.



Depuis cet accident, cette incohérence a été corrigée par Navtech.

Le soir de l'événement, le balisage était sélectionné sur le niveau de brillance le plus bas. Ce niveau est habituellement sélectionné pour une visibilité horizontale supérieure à 1 500 m. Les conditions météorologiques estimées sur la zone à l'heure de l'événement indiquent une visibilité horizontale de 9 000 m.

Il est à noter que le contrôleur a la possibilité de modifier le niveau de brillance du dispositif de balisage. Il peut le faire soit :

- ☐ de sa propre initiative en fonction de l'évolution des conditions météorologiques,
- ☐ ou sur demande d'un équipage si ce dernier l'estime nécessaire.

Le soir de l'événement l'équipage n'a pas demandé de modification du niveau de brillance du balisage.

2.7 Trajectoire verticale

La trajectoire verticale de l'avion à partir de 450 ft au-dessus du sol jusqu'au toucher des roues a été calculée à partir des données FDR.

Elle montre que l'avion se trouve sur le plan de descente à 3° jusqu'à environ 250 ft. Puis il passe légèrement au-dessus du plan et suit une trajectoire parallèle au plan de descente nominal. Enfin, à environ 90 ft, la trajectoire s'infléchit puis passe légèrement sous le plan à 30 ft. Aucun arrondi n'apparaît sur la trajectoire.

2.8 Effet de trou noir

Lorsqu'un pilote n'a pas de références visuelles ou quand celles-ci sont altérées, des illusions visuelles peuvent survenir. Elles modifient la perception qu'a le pilote de sa position dans l'espace (en terme de hauteur, distance et/ou d'angle d'interception) par rapport au seuil de piste. Les illusions visuelles sont les plus critiques au moment de la transition entre le pilotage aux instruments et le pilotage à vue et/ou entre la transition IMC/VMC.

En l'absence d'éclairage de nuit, la perception de la profondeur est particulièrement affectée, rendant difficile l'estimation de la distance et de la hauteur par rapport au point d'aboutissement de la trajectoire en courte finale. L'effet de trou noir est particulièrement aggravé :

- ☐ en cas d'approche directe longue, en direction d'un aéroport situé le long d'une ville ;
- ☐ si l'aéroport est à une altitude plus basse que celle du relief environnant et si la piste a une pente différente de ce dernier ;
- ☐ si le balisage lumineux de la piste est faible ;
- ☐ si les lumières de la ville sont localisées de façon irrégulière sur des reliefs éloignés de l'aéroport ;
- ☐ si la piste a une pente inhabituelle.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Scenario de l'accident

L'équipage effectuait un vol entre Copenhague et Grenoble, avec une arrivée de nuit. C'était la première fois pour les 2 pilotes qu'ils se posaient à Grenoble.

Lors de la préparation de l'approche, l'équipage a consulté sa carte d'aérodrome de Grenoble-Isère, qui représentait de façon erronée le type de rampe d'approche pour la piste 09. Il a été surpris par la longueur de la rampe d'approche, qu'il pensait être d'au moins 900 m avec 3 barres transversales.

Le balisage lumineux de piste était réglé sur le niveau de brillance le plus bas. L'équipage n'a pas demandé au contrôleur d'augmenter ce niveau de brillance.

A une hauteur de 1 000 ft environ, le PF a déconnecté l'autopilote.

En arrivant à 200 ft de hauteur, le copilote a décidé de désengager l'auto-manette. Le taux de descente a commencé à augmenter et la vitesse à diminuer en passant sous la Vapp⁽⁴⁾.

Les phares d'atterrissage étaient réglés sur le niveau d'éclairement le plus bas (position « DIM »). L'habitude d'utiliser les phares dans cette position a certainement contribué à ce que l'équipage ne décide pas d'augmenter l'intensité de leurs phares, alors qu'il en avait la possibilité. L'éclairement maximal aurait sans doute permis d'améliorer la perception de distance et de hauteur par rapport à la piste en courte finale.

Ces faibles conditions d'éclairement associées au fait que l'avion était établi depuis longtemps en finale ont généré un effet de trou noir pour le PF et le PNF. Les ressources de l'équipage ont alors été mobilisées par le pilotage à vue et le maintien de la pente d'approche. Il n'a pas réussi à percevoir de façon adéquate la diminution de vitesse, l'augmentation du taux de descente et les stimuli auditifs que sont les annonces automatiques de radio-altitude de l'EGPWS à partir de 50 ft. La distance et la hauteur par rapport au point d'aboutissement de la trajectoire n'ont pas été correctement estimées.

La conscience de la situation de l'équipage a été fortement dégradée, ce qui aurait nécessité une remise de gaz. Le PF a néanmoins poursuivi l'atterrissage, sans que cela ne soit remis en cause par le commandant de bord (PNF).

L'équipage n'a pas effectué d'arrondi. A 20 ft du sol, le PF surpris par l'arrivée de la piste, a brusquement tiré sur la commande de profondeur et l'avion a en conséquence brusquement cabré. L'assiette longitudinale a dépassé la valeur limite au toucher des roues. L'arrière de l'avion est alors rentré violemment en contact avec la piste, 166 m avant la zone de toucher des roues.

Si le PF n'avait pas déconnecté l'auto-manette, l'équipage se serait peut-être aperçu que les manettes reculaient automatiquement au passage des 50 ft. Ceci aurait été une indication pour l'équipage que le sol était très proche, et qu'un arrondi devait débiter.

Le fait que le PF avait appris peu de temps avant l'accident qu'il était licencié a pu générer des perturbations d'ordre émotionnel qui ont pu diminuer sa disponibilité mentale et aggraver ces difficultés d'acquisition de références visuelles.

⁽⁴⁾L'auto-manette permet de maintenir la vitesse d'approche constante et par conséquent le taux de descente.

3.2 Indicateur visuel de pente d'approche

La présence d'un indicateur visuel de pente d'approche aurait facilité la transition entre le vol avec références instrumentales et le vol avec références visuelles extérieures. Cela aurait permis à l'équipage de ne pas focaliser ses ressources sur le pilotage à vue et le maintien de la pente d'approche.

Par ailleurs, l'Annexe 14 indique qu'un indicateur visuel de pente d'approche « sera installé si la piste est utilisée par des avions à turboréacteurs », ce qui est le cas de la piste 09 de Grenoble-Isère.

3.3 Conservation des données CVR

L'article OPS 1.160 du règlement (CE) n°859/2008 de la Commission du 20 août 2008 indique que :

« À la suite d'un accident, l'exploitant d'un avion équipé d'un enregistreur de vol conserve, dans la mesure du possible, les enregistrements originaux relatifs à cet accident, tels qu'ils ont été conservés par l'enregistreur de vol, et ce pendant une période d'au moins 60 jours, sauf indication contraire de l'autorité chargée de l'enquête. »

L'article 13.3 du règlement européen n° 996/2010 du 20 octobre 2010 stipule qu'en cas d'accident ou d'incident grave :

« Les personnes concernées prennent toutes les mesures nécessaires pour conserver les documents, éléments et enregistrements relatifs à l'événement, notamment pour éviter l'effacement des enregistrements de conversations et de messages d'alerte après le vol. »

L'alimentation électrique de l'avion accidenté a été mise en route à plusieurs reprises après la fin du vol pendant un temps cumulé supérieur à 30 minutes, sans que le breaker du CVR ne soit tiré. Ceci a eu pour effet d'effacer l'enregistrement audio relatif à la phase d'atterrissage à Grenoble. Des données importantes pour la compréhension de l'accident ont ainsi été perdues, en particulier l'environnement dans le poste de pilotage en courte finale et les annonces vocales automatiques de radio-altitudes de l'EGPWS. Par ailleurs l'analyse du travail en équipage n'a pas pu être effectuée.

Le suivi de consignes opérationnelles indiquant les actions à mener pour conserver les enregistrements phoniques⁽⁵⁾ aurait pu éviter que l'exploitant n'efface des données utiles à l'enquête de sécurité.

3.4 Conclusion

L'accident est dû à la poursuite de l'atterrissage alors que la conscience de la situation de l'équipage s'était dégradée. Ceci a entraîné une estimation erronée de la hauteur par rapport au point d'aboutissement de la trajectoire et une absence d'arrondi.

Les facteurs suivants ont contribué à l'accident :

- ☐ l'équipage n'a pas sélectionné l'éclairage maximal de ses phares d'atterrissage ;
- ☐ la piste 09 de l'aérodrome de Grenoble-Isère n'est pas équipée d'indicateur visuel de pente d'approche ;
- ☐ la gestion de la poussée en manuel pour atterrir était inadaptée.

⁽⁵⁾Ces consignes peuvent par exemple indiquer de tirer sur le coupe-circuit de l'alimentation électrique du CVR.

4 - RECOMMANDATIONS

Rappel : conformément au règlement européen n° 996/2010 sur les enquêtes accidents, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident ou un incident. L'article R.7312 du Code de l'aviation civile et le règlement européen n° 996/2010 stipulent que les destinataires des recommandations de sécurité font connaître au BEA, dans un délai de 90 jours après leur réception, les suites qu'ils entendent leur donner et, le cas échéant, le délai nécessaire à leur mise en œuvre.

4.1 Indicateur de pente d'approche

L'Annexe 14 de l'OACI stipule qu'un indicateur visuel de pente d'approche doit être installé si la piste est utilisée par des avions turboréacteurs.

Par ailleurs, un indicateur visuel de pente d'approche aurait facilité la transition entre le pilotage aux instruments et le pilotage à vue et aurait permis à l'équipage de ne pas focaliser ses ressources au maintien à vue de la pente d'approche.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC s'assure du respect du paragraphe 5.3.5.1 de l'Annexe 14 de l'OACI pour tous les aérodromes français concernés.**

4.2 Conservation des données CVR

Aucune action visant à conserver l'enregistrement CVR après l'accident n'a été entreprise par l'exploitant de l'aéronef. Des données relatives à l'événement ont alors manqué à l'enquête de sécurité. Par ailleurs, la réglementation européenne (règlements EU-OPS n° 859/2008 et n° 996/2010) oblige à ce que toutes les mesures nécessaires pour éviter l'effacement des enregistrements de conversations soient prises en cas d'accident ou d'incident grave. De nombreux cas identiques ont été constatés par le passé.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **L'Administration de l'Aviation Civile du Danemark (SLV) vérifie que les consignes opérationnelles des exploitants sous sa tutelle permettent d'assurer la préservation dans les plus brefs délais des données CVR, à la suite d'un accident ou un incident grave, conformément aux obligations de l'EU-OPS 1.160 et du règlement européen n° 996/2010 (article 13.3).**

annexe
Graphe de paramètres FDR