

**Sortie latérale de piste lors du roulement à l'atterrissage,
effacement du train avant**

Aéronef	Avion Airbus A300-B4 immatriculé EI-EAC
Date et heure	16 novembre 2012 à 4 h 25 ⁽¹⁾
Exploitant	Air Contractors
Lieu	AD Bratislava (Slovaquie)
Nature du vol	Transport public international cargo
Personnes à bord	Commandant de bord (Pilot Flying PF) ; copilote (PNF) ; mécanicien Naviguant
Conséquences et dommages	Avion fortement endommagé

⁽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 locale.

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : les éléments suivants sont issus de données enregistrées dans le FDR, le CVR, ainsi que des témoignages de l'équipage.

L'équipage décolle de l'aéroport de Leipzig (Allemagne) à 3 h 38 à destination de l'aéroport de Bratislava (Slovaquie). Le vol d'environ 45 minutes se déroule sans incident et l'équipage est autorisé pour une approche ILS piste 22. Le commandant de bord est aux commandes (PF). Au cours de la descente, le contrôleur informe l'équipage que le vent est du 120° pour 7 kt. Ce dernier sélectionne les becs et les volets à 25°. L'antiskid et l'autobrake en mode medium (MED) sont armés. L'approche ILS 22 est stable jusqu'au toucher des roues.

Le train principal touche la piste à environ 700 mètres du seuil de la piste 22. L'équipage déploie les inverseurs de poussée. Environ six secondes après le toucher du train avant, l'équipage ressent de fortes vibrations qui augmentent au fur et à mesure que la vitesse diminue. A 85 kt, les inverseurs de poussée sont rentrés. L'avion dévie vers la gauche. Le PF explique qu'il applique un freinage énergique et essaie en vain de contrer l'embardée en utilisant les palonniers puis la commande de contrôle de direction du train avant. Il ajoute que la séquence se déroule si rapidement qu'il ne pense pas à utiliser le freinage différentiel⁽²⁾ secours pour garder l'avion sur la piste.

L'avion sort de piste par la gauche à une vitesse d'environ 45 kt. Son train avant heurte un regard en béton et s'efface. L'avion glisse sur quelques dizaines de mètres avant de s'immobiliser. L'équipage évacue l'avion. Ce dernier a parcouru environ 400 mètres entre le début des vibrations et l'arrêt complet.

⁽²⁾Les actions de l'équipage sur les palonniers et les freins ne sont pas enregistrées dans le FDR.

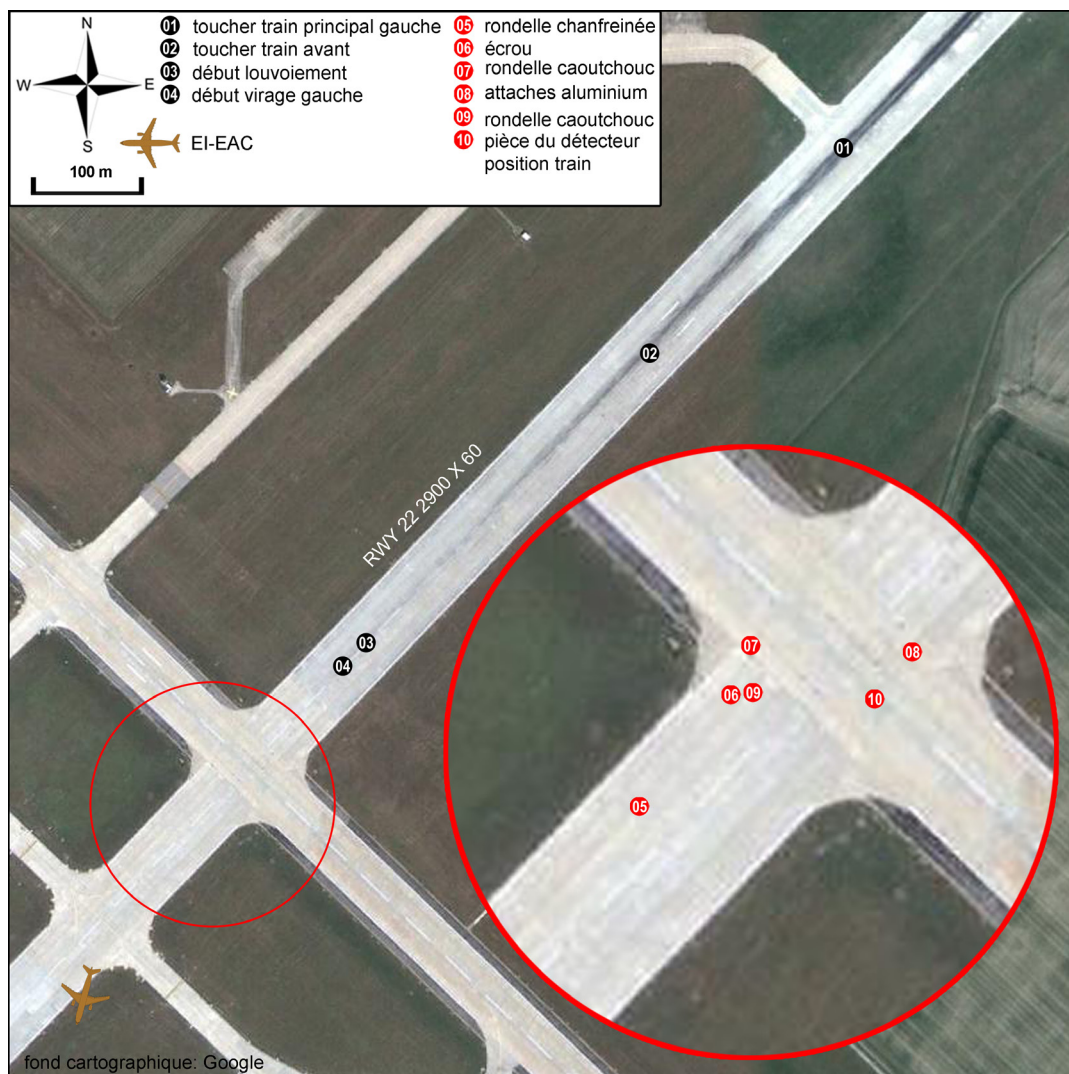
2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Observations sur le site de l'accident

Sur la piste, une trace continue de gomme en provenance des pneus du train avant est observée. Elle débute sur la ligne axiale (point 04 du schéma ci-dessous) puis dévie vers la gauche jusqu'au bord de piste. Sur la dernière partie de la trajectoire, une autre trace de gomme provenant du pneu arrière gauche (pneu n° 5) du train principal gauche est également observée.



Sur la piste, des pièces du train avant sont retrouvées à l'endroit où débute la trace de gomme laissée par les pneumatiques avant. Parmi elles se trouve l'axe de liaison du compas, (voir liste des pièces référencées en rouge dans le schéma ci-dessous).



2.2 Description du système de contrôle de la direction du train avant

Le contrôle de la direction du train avant est assuré par l'ensemble des deux bras du compas. Le bras supérieur, manœuvré hydrauliquement par action du pilote sur le volant de commande de direction, entraîne, via cet axe, le mouvement du bras inférieur solidaire du boggie.

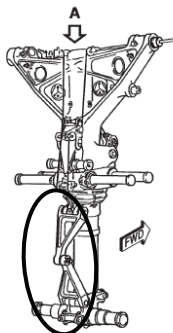
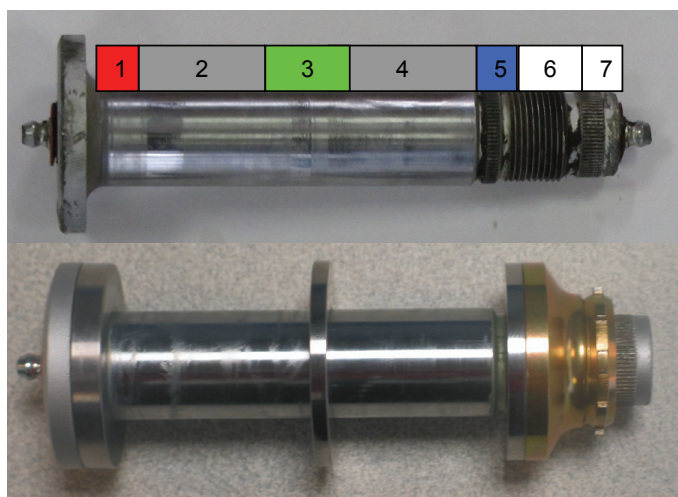


Schéma et photos (vue de profil et de face) de la liaison d'un compas de train avant d'A300-B4

La liaison des deux bras du compas est assurée par un axe central (Apex Pin P/N D53431-20) dont l'extrémité comporte successivement des cannelures, un filetage puis à nouveau des cannelures. Sur cet axe se placent successivement :

1. une rondelle chanfreinée (P/N C59853-1)
2. le palier du bras supérieur
3. une rondelle (P/N C64066-1),
4. le palier du bras inférieur
5. une rondelle cannelée (P/N SL40374)
6. un écrou à créneaux
7. une rondelle-frein (P/N SL61WTM22P)



Axe central (Apex Pin) sans les bras du compas

L'analyse dimensionnelle des cotes de l'installation nominale montre que la longueur totale de l'assemblage est de 140 mm. Une fois la dernière rondelle frein engagée, l'axe dépasse de 4,5 mm. Une longueur de 0,5 mm de cannelures de l'axe est apparente.

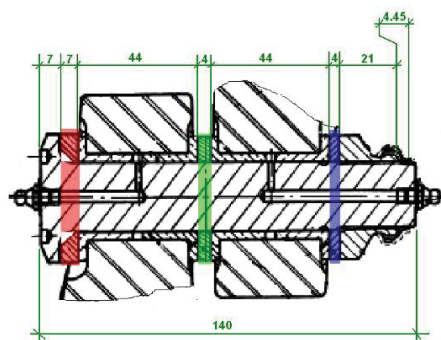


Schéma dimensionnel



Photo de l'extrémité de l'axe avec 0,5 mm de cannelures visibles après la rondelle frein

2.3 Examen de l'assemblage du compas du train avant de l'EI-EAC

Sur le site de l'accident, la rondelle cannelée (en bleue sur le schéma ci-dessus et pièce n° 5 du schéma de l'axe central au paragraphe 2.2) n'a pas été retrouvée. Les autres pièces composant le compas du train avant ont été examinées au BEA. Les observations et examens de l'axe ont montré :

- ❑ une contamination (graisse et poussière) sur la face interne de la tête de l'axe. Ceci semble indiquer qu'elle n'était pas en contact avec la face chanfreinée de la rondelle (rouge) :



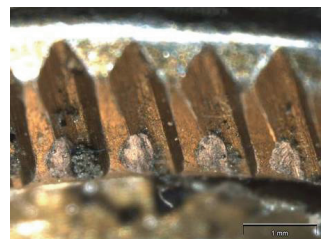
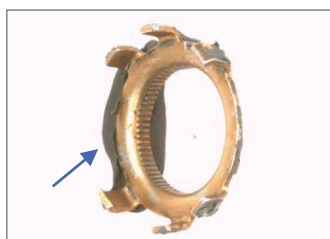
- ❑ un marquage circulaire autour du congé de raccordement. Ceci semble indiquer la présence d'une rondelle bloquée contre le congé de raccordement :



- ❑ le filetage de l'axe en bon état. Ceci semble indiquer que l'écrou ne s'est pas arraché mais dévissé en service. A l'extrémité des dernières cannelures de l'axe, des endommagements sont observés :



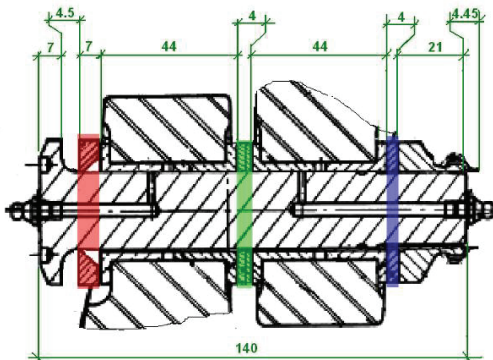
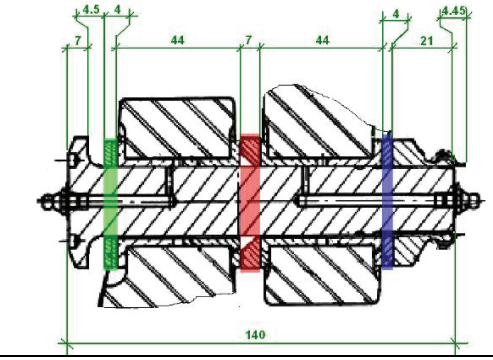
- ❑ l'endommagement des extrémités internes de toutes les cannelures de la rondelle frein (n° 7) :



Les examens montrent que la rondelle frein n'était pas engagée complètement sur la dernière série de cannelures de l'axe.

2.4 Essais complémentaires



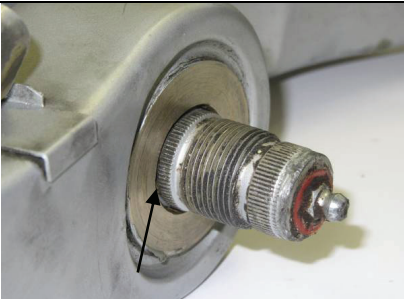
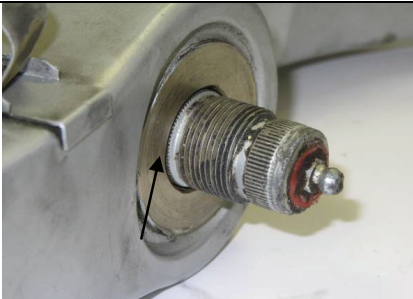
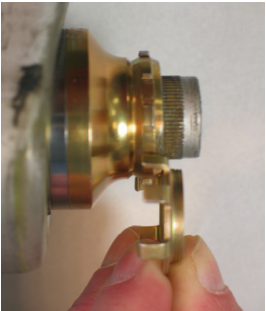
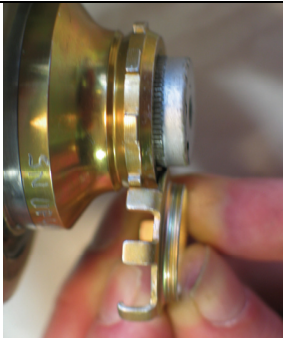
En conservant l'ensemble des pièces, seuls deux montages incorrects sont réalisables.

<p>1^{er} montage incorrect :</p> <p>La rondelle chanfreinée en rouge ci-contre est installée à l'envers. Dans cette position, elle n'est plus en contact direct avec la tête de l'axe en raison de la présence du congé de raccordement entre l'arbre et la tête de l'axe.</p>	 <p>Schéma dimensionnel 1</p>
<p>2^{ème} montage incorrect :</p> <p>Dans le cas d'une inversion des rondelles rouge et verte, un jeu est également visible entre la tête de l'axe et la rondelle mal positionnée, toujours en raison du congé de raccordement.</p>	 <p>Schéma dimensionnel 2</p>

Dans les deux cas, un jeu de 4,5 mm apparaît entre la tête de l'axe et la première rondelle installée. Ce décalage ne permet plus l'engagement complet de la rondelle frein sur les cannelures à l'autre extrémité de l'axe. Les cannelures de la rondelle frein sont engagées sur moins de 1 mm sur les cannelures de l'axe, au lieu de 4,45 mm nominale.

Dans le cas du deuxième montage, l'épaisseur supérieure de la rondelle n° 1 (7 mm au lieu de 4,2 ou 4,4 mm) introduit une difficulté supplémentaire lors de l'introduction de l'axe. Un effort anormalement élevé est nécessaire pour aligner les paliers des deux bras du compas et introduire complètement l'axe. Le second scénario de montage est par conséquent plus difficile à réaliser que le premier.

Lors du montage, trois étapes permettent de s'assurer que le montage est correct :

Etape 1	
Montage correct	Montage incorrect
	
L'installation de la rondelle chanfreinée avec sa face chanfreinée en contact avec la tête de l'axe ne laisse apparaître aucun jeu.	Un espace de 4,5 mm est visible entre la tête de l'axe et la rondelle mal positionnée.
Etape 2	
	
Les cannelures de l'axe apparaissent. La rondelle cannelée s'engage dans les premières cannelures de l'axe. Une fois en place cette rondelle est bloquée en rotation.	Les cannelures de l'axe n'apparaissent plus. La rondelle cannelée ne peut plus s'engager dans les cannelures de l'axe. Cette rondelle tourne alors librement en rotation.
Etape 3	
	
Un dépassement de l'axe d'environ 0,5 mm de cannelure est visible après l'installation de la rondelle frein.	La rondelle frein ne peut s'engager complètement sur les cannelures de l'axe. Ces dernières ne dépassent pas de la rondelle frein.

2.5 Actions de maintenance réalisées sur le train avant

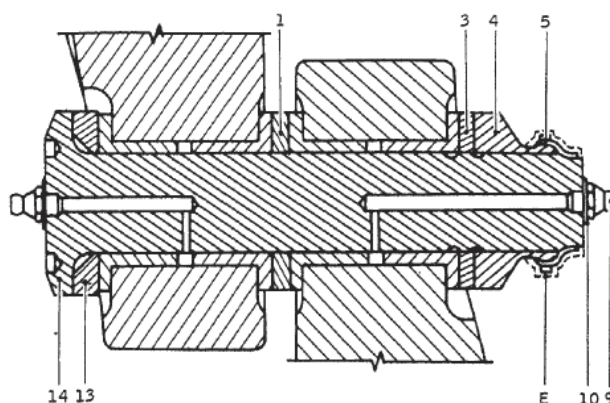
Le train avant de l'EI-EAC a été reconditionné et installé sur l'avion en mai 2012. La dernière opération de maintenance a été réalisée le 21 octobre 2012, soit 26 jours avant l'accident. Entre l'opération de maintenance et l'accident, l'avion a totalisé environ 40 heures de vol et 37 cycles.

L'opération de maintenance a été réalisée par un atelier d'entretien agréé Part 145. Elle consistait à traiter un problème de grincement de l'amortisseur du train avant lors du repoussage/traction de l'avion. Cette opération est décrite dans le manuel de maintenance du constructeur par l'AMM 32-21-00 p. Block 801 « Shock Strut – Approved Repairs ». Cet AMM requiert la lubrification de la partie interne de l'amortisseur afin d'éliminer les bruits de grincement. La procédure demande notamment la déconnection du compas au niveau de son axe de liaison. Pour cette opération, il est fait référence à l'AMM 32-21-15 p. Block 401 « Nose gear torque Links – Removal/Installation » qui renvoie à l'AMM 32-21-15 p. Block 801 « Nose gear torque Links – Approved repairs ».

2.6 Documentation de maintenance associée au compas du train avant

Le schéma de montage utilisé dans l'AMM 32-21-15 p. Block 401 « Nose gear torque Links – Removal/Installation » détaille précisément la position et la forme de chaque rondelle. Cependant le texte associé au schéma ne précise pas l'ordre d'installation et n'informe pas l'opérateur sur la nécessité d'installer la première rondelle avec sa face chanfreinée en vis-à-vis de la tête de l'axe. Il est demandé lors du :

- ☐ démontage, de conserver les rondelles (3), (1) et (13) (schéma ci-dessous) ;
- ☐ remontage, de réinstaller les rondelles et de se référer à l'AMM 32-21-15 p. Block 801 « Nose gear torque Links – Approved repairs » afin de mesurer le jeu entre les deux bras du compas :



Extrait de l'AMM 32-21-15 p. Block 401

D'après l'AMM 32-21-15 p. Block 801 « Nose gear torque Links – Approved repairs », un jeu de 0,2 mm (au niveau de la rondelle centrale) est admissible entre les deux bras du compas. Il est demandé de compenser un jeu supérieur en remplaçant la rondelle centrale (épaisseur 4,2 mm) par une rondelle plus épaisse de 4,4 mm.

2.7 Perte de contrôle de la direction en raison d'une désolidarisation du compas du train avant

Airbus a informé le BEA de deux événements similaires survenus en décembre 2008 (Airbus A300-600 au Vietnam) et juin 2009 (Airbus A310 au Pakistan). Les avions étant restés sur la piste, ces événements n'ont pas fait l'objet d'enquête par les autorités des pays d'occurrence des événements.

En décembre 2009, Airbus a présenté les deux événements précédents à l'AESA lors d'une réunion de suivi de navigabilité.

Les conséquences de ces deux événements étaient mineures. L'AESA et Airbus ont évalué les risques associés à la perte de la commande de direction du train avant et du système anti-shimmy. Il est démontré :

- ☐ qu'au-dessus de 70 kt, le contrôle en lacet de l'avion est assuré par la gouverne de direction ;
- ☐ qu'en dessous de 70 kt, une action de freinage différentiel peut être utilisée en secours en cas de perte du contrôle de la direction du train avant.

L'AESA a conclu que ce type d'événement n'avait pas d'impact sur la navigabilité de l'aéronef.

2.8 Présence d'obstacles dans la bande aménagée de piste

La base de données d'accident du BEA contient quatre sorties latérale de piste survenues en France à différents types d'avions exploités en transport public au cours desquelles le train avant ou l'un des trains principaux s'est rompu lors d'un choc avec des blocs en béton affleurant la surface du sol.

2.9 Réglementation relative à la présence d'obstacle dans la bande de piste

Le supplément A de l'Annexe 14 de l'OACI « Aerodromes, Volume I - Conception et exploitation techniques des aérodromes » et le manuel de conception des aérodromes (Doc 9157), Partie 6 – Frangibilité, prévoient que les aménagements à proximité immédiate d'une piste ou d'un prolongement d'arrêt soient conçus de manière à limiter au maximum les risques d'endommagement des avions en cas de sortie de piste.

Il est notamment précisé qu'une base en béton ne devrait pas constituer un obstacle pour les aéronefs. Cet objectif est atteint soit en enfonçant la base au-dessous du niveau du sol, soit en abaissant les côtés de la base de manière que les aéronefs passent au-dessus sans difficulté. Lorsque la base est enfoncée, la cavité au-dessus de la base devrait être remplie avec un matériau approprié.

L'AESA devrait émettre au cours de l'année 2013 une réglementation intégrant les points de l'Annexe 14 mentionnés ci-dessus. Il sera notamment demandé dans les spécifications de certification (CS ADR-DSN.B.165 Objects on Runway strips) que les obstacles enterrés dans la bande soient munis d'une rampe afin d'éliminer les surfaces verticales susceptibles d'endommager les trains d'atterrissage d'avion en cas de sortie de piste.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Action de sécurité déjà effectuée

A la suite de l'accident, Airbus a fourni à tous les opérateurs d'Airbus A300/A300-600/A310/AST des recommandations sur la maintenance de l'assemblage du compas de direction du train avant (Operators Information Transmission- OIT ref 999.0014/13 en date du 3 avril 2013). Cette publication insiste sur l'importance d'un assemblage correct des rondelles sur l'axe central du compas du train avant. Il est précisé qu'une mise en garde sera ajoutée dans l'AMM 32-21-15 p. Block 401 « Nose gear torque Links – Removal/Installation » lors de sa prochaine révision. L'OIT est également accompagné d'un schéma et de photos montrant le détail du montage correct.

Le constructeur du train avant (Messier-Dowty) va lui aussi intégrer cette mise en garde dans son manuel de maintenance (Component Maintenance Manual).

3.2 Conclusion

L'installation incorrecte d'une ou plusieurs rondelles sur l'axe de liaison du compas du train avant n'a pas permis de freiner efficacement l'écrou de l'axe. Le dévissage et la désolidarisation de ce dernier en service est à l'origine de la perte de la dirigeabilité du train avant. Libre sur son axe, le boggie du train avant s'est engagé dans un mouvement oscillatoire (shimmy) qui a fait dévier l'avion vers la gauche. L'avion est sorti de piste et le train avant s'est rompu lors de la collision avec un regard en béton permettant l'accès aux câblages électriques du balisage de piste.

La sortie de piste est due au remontage incorrect et non-détecté de la liaison du compas du train avant.

Malgré la présence d'un schéma détaillé, l'absence d'indication claire et détaillée dans le texte de l'AMM du constructeur, permettant à l'opérateur de s'assurer que le montage est correct, a contribué au remontage incorrect.

La rupture du train avant est due à la collision avec un obstacle dans la bande aménagée.

L'absence de réglementation, imposant que les aménagements à proximité immédiate d'une piste ou d'un prolongement d'arrêt soient conçus de manière à limiter au maximum les risques d'endommagement des avions en cas de sortie de piste, a contribué à l'accident.