



*Accident
survenu le 7 février 1991
à Nîmes-Garons
au décollage de l' A320
immatriculé F-GFKI
exploité par Air France*

RAPPORT
f-ki910207

A V E R T I S S E M E N T

Ce rapport exprime les conclusions du BEA sur les circonstances et les causes de cet accident.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, à la Directive 94/56/CE et à la Loi n° 99-243 du 29 mars 1999, l'enquête technique n'est pas conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de l'événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Table des matières

AVERTISSEMENT	2
GLOSSAIRE	5
SYNOPSIS	6
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	7
1.1 Déroulement du vol	7
1.2 Tués et blessés	7
1.3 Dommages à l'aéronef	7
1.4 Autres dommages	8
1.5 Renseignements sur le personnel	8
1.5.1 Commandant de bord	8
1.5.2 Copilote	8
1.5.3 Personnel à bord	8
1.6 Renseignements sur l'aéronef	8
1.6.1 Renseignements généraux	8
1.6.2 Entretien	9
1.6.3 Masse et centrage	9
1.7 Conditions météorologiques	9
1.7.1 Situation générale	9
1.7.2 Conditions météorologiques à Nîmes-Garons	9
1.7.3 Etat du sol	10
1.8 Aides à la navigation	10
1.9 Télécommunications	10
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	12
1.10.1 Généralités	12
1.10.2 Infrastructures	12
1.10.3 Balisage du prolongement d'arrêt	12
1.10.4 Déneigement	14
1.11 Enregistreurs de bord	14

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	16
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	16
1.14 Incendie	17
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	17
1.16 Essais et recherches	17
1.16.1 Le prolongement d'arrêt	17
Section 1	18
1.16.2 Recherche des éléments du PHR et examens	20
1.16.3 Etude balistique des éléments en enrobé	22
1.16.4 Certification du PHR	23
1.16.5 Autres exemples d'impact de corps étrangers sur des PHR	24
1.16.6 Autres exemples d'arrachement de revêtement de piste ou de prolongement d'arrêt dû au souffle des réacteurs	24
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	24
1.17.1 Témoignages de l'équipage	24
1.17.2 Témoignages des personnels au sol	25
2 - ANALYSE	27
2.1 Utilisation du prolongement d'arrêt	27
2.2 Dégradation du prolongement d'arrêt	27
2.2.1 Scénario de la dégradation	27
2.2.2 Etat du prolongement d'arrêt	28
2.3 Processus de la dégradation	28
2.4 Déroulement du vol	29
3 - CONCLUSIONS	30
3.1 Faits établis par l'enquête	30
3.2 Cause	31
LISTE DES ANNEXES	32

Glossaire

AIP	Publication d'information aéronautique
CVR	Enregistreur phonique
ECAM	Electronic Centralized Aircraft Monitor
FDR	Enregistreur de Paramètres de vol
ITAC	Instruction Technique sur les Aérodomes Civils
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PHR	Plan Horizontal Réglable
PNT	Equipage de conduite
QFU	Orientation magnétique de la piste(en dizaines de degrés)
QNH	Calage altimétrique requis pour lire au sol l'altitude de l'aérodrome
TOGA	Puissance des réacteurs au décollage
UFDR	Universal Flight Data Recorder

SYNOPSIS

Date de l'accident

Jeudi 7 février 1991 à 12 h 28¹

Aéronef

Airbus A320
Immatriculé F-GFKI

Lieu de l'accident

Aérodrome de Nîmes-Garons (30)

Propriétaire

Air France

Nature du vol

Vol de convoyage
Nîmes-Garons - Paris Charles de Gaulle

Exploitant

Air France

Personnes à bord

2 PNT
19 agents d'Air France et d'Airbus

Résumé

A la mise en puissance, le souffle des réacteurs arrache le revêtement en enrobé du prolongement d'arrêt. Des morceaux d'enrobé, projetés vers l'arrière, heurtent et endommagent le plan horizontal réglable (PHR).

L'équipage ne se rend pas compte de l'événement et poursuit le décollage.

Deux minutes plus tard, alors que l'avion passe 4 150 pieds en montée, les occupants ressentent pendant quelques secondes de très fortes vibrations en provenance de l'arrière et constatent que le PHR est endommagé.

Le vol est poursuivi sans autre incident, après réduction de la vitesse et de l'altitude.

Conséquences

	Personnes			Matériel	Tiers
	Tué(s)	Blessé(s)	Indemne(s)		
Equipage	-	-	2	PHR endommagé	Revêtement de piste
Passagers	-	-	19		

¹Sauf 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 vigueur en France métropolitaine le jour de l'événement.

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le jeudi 7 février 1991, l'A320 F-GFKI de la compagnie Air France effectue des vols d'entraînement depuis trois jours sur le terrain de Nîmes-Garons (voir carte en annexe 1). Comme les conditions météorologiques se dégradent rapidement (chutes de neige), la décision est prise par le chef instructeur, commandant de bord pour le vol de l'accident, d'annuler la journée d'entraînement et de rentrer à Paris en début d'après-midi.

A 12 h 19, l'avion commence le roulage pour le vol de convoyage. Il remonte ensuite la piste 36, partiellement enneigée, le taxiway n'étant pas praticable en raison de la neige. Il effectue un demi-tour sur le prolongement d'arrêt et s'immobilise dans l'axe de piste au cap 357.

A 12 h 29, les freins sont lâchés, le pilote met les gaz. Le contrôleur de la tour voit de très nombreux éléments projetés en arrière des réacteurs.

A 12 h 31, après le décollage, en montée et approximativement au niveau 40, le dégivrage des ailes est mis en route. De fortes vibrations sont alors ressenties et cessent à l'arrêt du dégivrage après cinq secondes de fonctionnement.

Les occupants de la cabine arrière constatent alors l'absence de la partie extérieure droite du PHR et en informent l'équipage.

Celui-ci procède à des essais de manœuvrabilité en pilotage manuel et en pilotage automatique et, ne constatant aucune anomalie, décide la poursuite du vol vers l'aéroport de Paris Charles de Gaulle à vitesse et altitude modérées (vitesse 260 kt au niveau 240).

La suite du vol et l'atterrissage s'effectuent normalement.

1.2 Tués et blessés

Néant.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion est endommagé : le PHR et les gouvernes de profondeur sont à remplacer. Pour de plus amples détails, se reporter au paragraphe 1.12.

1.4 Autres dommages

Le revêtement du prolongement d'arrêt est arraché sur 180 m² environ, répartis sur deux zones symétriques à trente-trois mètres en amont du seuil de la piste 36.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Commandant de bord

- Homme, 43 ans
- Brevet de pilote de ligne n° 2 310 du 29 décembre 1978
- Licence validée jusqu'au 29 février 1992
- Qualification d'instructeur pilote de ligne stagiaire à compter du 29 décembre 1989 ; instructeur pilote de ligne à compter du 31 décembre 1990
- Qualification A320 depuis le 26 décembre 1989
- Heures de vol totales : 10 034
- Heures de vol sur type : 1 000

1.5.2 Copilote

- Homme, 45 ans
- Brevet de pilote de ligne n° 2 286 du 28 septembre 1978
- Licence validée jusqu'au 30 octobre 1991
- Qualification d'instructeur pilote de ligne stagiaire à compter du 29 décembre 1989 ; instructeur pilote de ligne à compter du 31 décembre 1990
- Qualification A320 depuis le 26 décembre 1989
- Heures de vol totales : 9 875
- Heures de vol sur type : 700

1.5.3 Personnel à bord

Les dix-neuf passagers à bord étaient trois navigants et huit stagiaires officiers pilote de ligne de la compagnie Air France et huit membres de la Division Entretien d'Airbus Industrie.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Généralités

- Constructeur : Airbus Industrie
- Type : A320-211
- N° de série : 062
- Année de fabrication : 1989
- Heures de vol totales : 2 772

- Nombre de cycles : 2 545
- Moteurs : deux CFM 56 – 5A1
- Livré en août 1989

1.6.2 Entretien

Aucune intervention majeure n'avait été effectuée sur le PHR depuis la livraison de l'avion.

1.6.3 Masse et centrage

Au décollage de Nîmes-Garons, l'avion avait, selon le dossier de vol, une masse de cinquante-six tonnes (pour une masse maximale de soixante-huit tonnes) et un centrage de 22,7 %. Cette valeur est dans les limites définies par le constructeur (mini 19 % et maxi 39 % à pleine charge).

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Situation générale

A 500 hPa, une vaste zone de basses pressions, centrée sur la Manche et s'étendant jusqu'en Yougoslavie, dirigeait un flux rapide de sud-ouest à ouest sur le sud-est de la France.

En surface, une dépression, centrée 1002 hPa sur le Golfe de Gascogne, s'étendait en direction de la Sardaigne. Un système perturbé complexe lui était associé, intéressant toutes les régions comprises entre le nord-est de l'Espagne et la moitié sud-ouest de la France.

A 12 h 00, la limite entre l'air doux au sud (de +4 à + 8°C) et l'air froid (0 à -5°C) se situait approximativement le long de la Garonne et de l'Aude.

1.7.2 Conditions météorologiques à Nîmes-Garons

Le ciel se couvre en cours de nuit du 6 au 7 février. La température de l'air sous abris s'abaisse à -4 °C puis oscille entre -2 et -3 °C. La neige commence à tomber à 6 h 53 et s'arrête à 11 h 20. A 12 h 00 la température est de -1,5 °C. Le sol est enneigé et la neige subsiste compte tenu de la température négative en surface. L'épaisseur maximale du manteau neigeux est de quatre centimètres. Le vent au sol, modéré, demeure régulier : 010 à 030°/8 à 10 kt.

Les conditions météorologiques observées encadrant le moment de l'accident sont décrites dans les METAR de 12 h 00 et 12 h 30 :

	12 h 00	12 h 30
vent	360°/8 kt	020°/8 kt
visibilité	2 500 m	3 000 m
temps significatif	neige entre 11 h 00 et 12 h 00	néant
nuages	5/8 St 800 pieds 7/8 Sc 1 900 pieds	5/8 St 800 pieds 7/8 Sc 2 000 pieds
températures (T / T _d) ²	-1 °C/-3 °C	-1 °C/-3 °C
QNH	1006 hPa	1005 hPa
tendance	NOSIG ³	NOSIG

Aucune précipitation d'importance significative ne s'était produite à Nîmes-Garons depuis le 20 janvier.

1.7.3 Etat du sol

Le 7 février au matin, le sol est faiblement gelé en surface. A 10 cm dans le sol, la température relevée au centre météorologique voisin de Courbessac est de 1,5 °C (2,8 °C le 5 février, 1,7 °C le 6).

Par ailleurs, aucune précipitation d'importance significative ne s'était produite sur Nîmes-Garons depuis le 20 janvier.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Télécommunications

La transcription des communications sur la fréquence 123.2 (fréquence sol) est la suivante :

Heure	De	A	Message
12 h 19	AFR 339	Sol	Nîmes AFR 339C Roulage.
	Sol	AFR 339	339C Roulage, vous rappelez à la $\frac{3}{4}$ nord pour traverser.
	AFR 339	Sol	Pour remonter éventuellement, je vous rappelle.
	AFR 339	Sol	OK. Je vous rappelle à la $\frac{3}{4}$ nord pour traverser.
12 h 21	AFR 339	Sol	339C derrière le décollage du Beech, est-ce qu'on peut traverser la piste ?
	Sol	AFR 339	Vous remontez la piste pour un décollage en 36.

² T température de l'air / T_d température du point de rosée.

³ NOSIG : pas d'évolution significative du temps dans les deux heures qui suivent l'observation.

Heure	De	A	Message
	AFR 339	Sol	D'accord, on remonte pour un décollage en 36, 339C.
	AFR 339	Sol	339C, on pénètre et on remonte pour la 36.
	Sol	AFR 339	Affirmatif et je vous rappelle pour la clairance.
12 h 23	Sol	AFR 339	339C pour la clairance.
	Sol	AFR 339	Niveau 200 sur Mende. Transpondeur 4 745.
	AFR 339	Sol	Niveau 200 sur Mende 4 745. On vire sur MEN pas sur MTL.
	Sol	AFR 339	Je vous rappelle si j'ai quelque chose d'autre.
	AFR 339	Sol	J'ai un plan de vol sur MTL.
	Sol	AFR 339	339C, vous passez avec la tour 123.2 pour le décollage.
	AFR 339	Sol	123.2 OK. On va voir avec eux pour la clairance.
	AFR 339	Air	Nîmes AFR 339C bonjour.
	Air	AFR 339	339C fort et clair, je vous rappelle pour l'alignement.
12 h 24	AFR 339	Air	On a une clairance FL200 sur Mende, on a déposé un PLN sur MTL. Est-ce qu'il serait possible de procéder sur MTL ensuite sur AUTUN AVALLON ?
	Air	AFR 339	Il faudra voir avec le CCR après le décollage. On nous a donné une sortie MEN cause trafic sur la vallée du Rhône.
	Air	AFR 339	D'accord.
	AFR 339	Air	On est en train de les relancer, on attend une réponse éventuelle.
	AFR 339	Air	Oui, c'est MEN direct depuis le décollage ou vous voulez qu'on passe par MOLEN.
	Air	AFR 339	Non, Mende par VALMA.
	AFR 339	Air	D'accord pour MENDE direct.
12 h 28	AFR 339	Air	339C paré au décollage.
	Air	AFR 339	339C autorisé à décoller piste 36, vent 020/8 kt.
	Air	AFR 339	Virage à gauche ensuite vous me rappelez en passant 1 000 en montée.
	AFR 339	Air	On rappelle croisant 1 000 en montée, autorisé au décollage 339C.
	AFR 339	Air	1 000, 339C.
	Air	AFR 339	339C reçu, vous me donnez vos impressions sur le roulage et le décollage.
	AFR 339	Air	Pour nous, cela ne nous pose pas beaucoup de problème.
12 h 30	Air	AFR 339	Reçu, passez avec l'approche 124.9.
	AFR 339	Air	Avec l'approche 124.9 et merci pour votre coopération. Au revoir, à la prochaine.
Fin de l'enregistrement.			

Remarque : durant le vol, l'équipage n'a pas été informé des dégâts subis par le prolongement d'arrêt.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Généralités

L'Aéronautique Navale est gestionnaire et utilisateur principal de l'aérodrome de Nîmes-Garons.

L'aérodrome sert occasionnellement pour l'entraînement à l'appontage ainsi que pour l'entraînement d'équipages civils.

1.10.2 Infrastructures

L'aérodrome est équipé d'une piste 18-36 de 2 440 m de long et 45 m de large supportant 35 t par roue simple isolée et 75 t par roues jumelées.

Des miroirs d'appontage et des brins d'arrêt (avec les abris associés) se trouvent à 250 m de chaque seuil de piste.

Les parkings civils sont situés à l'est de la piste. Celle-ci est longée à l'ouest et sur toute sa longueur par une voie de circulation.

Chaque extrémité de piste est prolongée par une zone d'arrêt bituminée de 90 m de long et 45 m de large, dénommée prolongement d'arrêt⁴ (cf. annexe 2).

1.10.3 Balisage du prolongement d'arrêt

1.10.3.1 Réglementation

Les textes réglementaires en vigueur au moment des faits sont les suivants :

- Annexe 14 à la Convention relative à l'aviation civile internationale.
- Instruction 20 210 de la Direction de la Navigation Aérienne du 26 février 1987, modifiée, relative aux conditions d'homologation et d'utilisation d'un aérodrome pour l'exécution de procédures d'approche de précision.
- STANAG 3 316, accord de standardisation OTAN relatif au balisage lumineux des aérodromes militaires. Ce document prévoit la possibilité de baliser un prolongement d'arrêt par des feux orientés également dans le sens opposé pour un éventuel besoin de décollage.

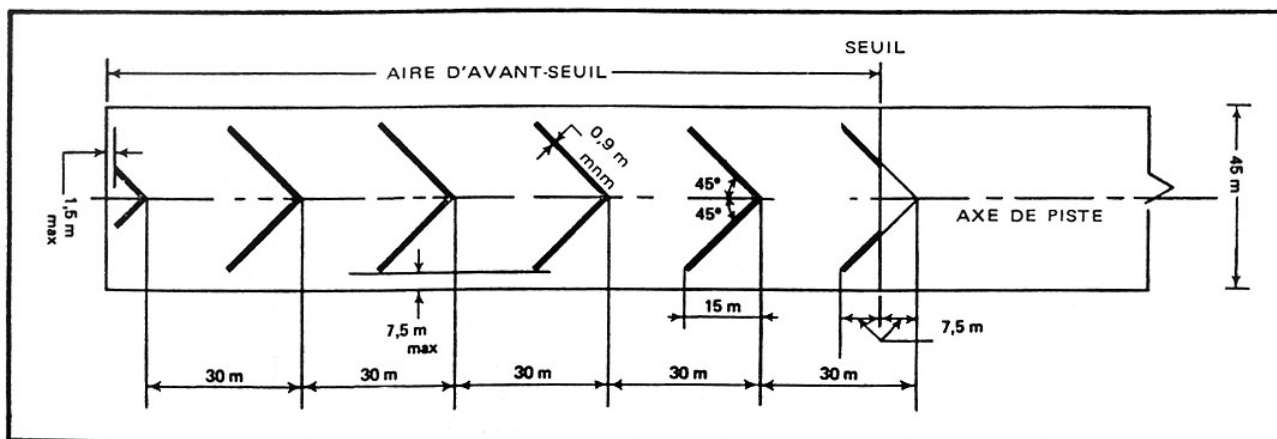
Il existe également une Instruction Technique sur les Aérodromes Civils (ITAC). Ce n'est pas un document réglementaire à proprement parler même si les caractéristiques qui y sont définies sont systématiquement retenues pour la réalisation des infrastructures.

⁴ Anciennement prolongement occasionnellement roulant ou POR.

1.10.3.1.1 Balisage diurne

Les textes précités indiquent que les marques de prolongement d'arrêt sont des chevrons de couleur jaune (pour les différencier des marques de piste qui sont blanches).

L'Annexe 14 recommande cette signalisation pour des prolongements d'arrêt de plus de 60 m, tandis que l'ITAC ne la préconise que pour des longueurs d'au moins 100 mètres. Le schéma ci-après, extrait de l'ITAC, montre les préconisations de balisage.



Marques d'avant-seuil

1.10.3.1.2 Balisage lumineux

Les textes réglementaires civils prévoient un balisage composé de feux rouges (latéraux et en fin de prolongement d'arrêt) unidirectionnels dirigés vers la piste (en cas d'accélération arrêt ou d'atterrissage trop long au QFU opposé).

1.10.3.2 Prolongement d'arrêt de la piste 18 de Nîmes-Garons

Les éléments suivants ont été relevés au moment des faits pour le prolongement d'arrêt de la piste 18, c'est-à-dire avant le seuil 36 de Nîmes-Garons :

- le prolongement d'arrêt ne possède aucun marquage. D'anciennes marques volontairement effacées il y a plus de dix ans sont encore visibles. Il n'a pas été possible de connaître la raison pour laquelle elles avaient été enlevées,
- le prolongement d'arrêt n'est pourvu d'aucun balisage lumineux. Le balisage de la barre de seuil était éteint au moment de l'accident. Les feux eux-mêmes étaient bien visibles et d'autant plus que l'environnement enneigé les faisait ressortir par contraste, le centre des feux étant à 40 cm au-dessus du sol. Les photographies de la couche de neige et des bourrelets sur le taxiway confirment que ces feux n'étaient pas masqués par des congères.



1.10.4 Déneigement

Durant les heures qui ont précédé l'accident, le service Opérations de la Base aéronautique navale avait procédé à des travaux de déneigement des aires aéronautiques, en application du Plan Neige, à l'aide des équipements suivants :

- une turbo-souffleuse,
- un chasse-neige équipé d'une lame biaisée.

Remarque : la lame biaisée est équipée d'une protection en caoutchouc pour ne pas détériorer les revêtements de surface et les feux encastrés.

Le déneigement de la piste avait débuté dès les premières chutes. La piste avait été déneigée sur une largeur de trente mètres en partie est, la neige étant repoussée sur la partie ouest. De nombreuses et fines plaques de neige subsistaient sur la piste et les prolongements d'arrêt (cf. annexes 3, 6 et 7). La voie de circulation était enneigée et fermée à la circulation des avions.

Les engins de déneigement s'étaient rangés sur la voie de circulation au niveau de l'entrée de piste 36 pour laisser rouler et décoller l'A320.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef est équipé, conformément à la réglementation, d'un enregistreur phonique (CVR) et d'un enregistreur de paramètres de vol (FDR).

Le CVR enregistre sur une bande continue d'une durée de trente minutes. Le vol ayant duré 1 h 10, les données du début du vol, en particulier celles liées au décollage, n'étaient donc plus disponibles lorsque l'avion s'est posé. L'exploitation du CVR n'a donc pas été faite.

Le FDR, en l'occurrence un UFDR (Universal Flight Data Recorder), a correctement fonctionné sauf pendant quelques secondes de désynchronisation.

Cette désynchronisation a eu lieu deux minutes et quinze secondes après le décollage alors que l'avion passait le niveau quarante en montée.

L'étude de l'enregistrement montre que :

- La manœuvre de roulage s'effectue avec les manettes au ralenti (N1 symétriques à 25 %).
- A 12 h 27 min 4 s, avant le demi-tour à gauche, l'avion effectue une ouverture sur la droite et passe du cap magnétique 179 au cap 206 à 12 h 27 min 18 s pour revenir au cap 180 à 12 h 27 min 29 s. Les manettes sont au ralenti avec les N1 à 25 %. Une augmentation de la puissance est appliquée sur le moteur gauche à 12 h 27 min 24 s de 25 % à un maximum de 37 % à 12 h 27 min 30 s (pendant 5 s) lorsque l'avion est au début du demi-tour.
- Le demi-tour s'effectue à partir de 12 h 27 min 29 s pour se terminer à 12 h 28 min 1 s lorsque l'avion est au cap 357. Le demi-tour s'effectue à un taux de 6°/s, avec les manettes au ralenti (N1 symétriques à 25 %) sauf :
 - au début du demi-tour à 12 h 27 min 29 s (cap 180) avec un N1 du moteur gauche à 37 %, retombant à 25 % à 12 h 27 min 36 s (cap 112),
 - en cours de virage à 12 h 27 min 42 s (cap 48), avec un N1 moteur gauche supérieur à 30 % pendant 6 s avec un maximum de 43 %. Le N1 moteur droit passe de 25 % à un maximum de 40 % à 12 h 27 min 49 s avec un N1 supérieur à 30 % pendant 4 s (de 12 h 27 min 48 s à 12 h 27 min 52 s).
- Le demi-tour est terminé à 12 h 28 min 1 s, l'avion s'aligne au cap 357 et s'arrête à 12 h 28 min 9 s.
- Pendant les manœuvres de demi-tour, la puissance appliquée ne dépasse jamais 43 %.
- L'examen des accélérations montre que l'avion est resté immobile pendant plus de 50 s, aligné au cap 357 (immobilisation à 12 h 28 min 09 s et lâché des freins à 12 h 29 min 03 s) avec les N1 à 25 %.
- La distance estimée de parcours entre le lâché des freins et la mise en puissance, soit 7 s, est de 1,7 m (suivant la formule $\frac{1}{2} \gamma g t^2 + v_0 t$; γ étant la moyenne arithmétique des accélérations pendant la période considérée, le temps étant exprimé en seconde).
- La puissance appliquée N1 passe de 25 % à 12 h 29 min 10 s à 69 % en 6 s. L'avion parcourt alors 13 m, la vitesse atteinte étant de 4 m/s.
- L'avion atteint ensuite la TOGA en 3 s (N1 à 91 % à 12 h 29 min 19 s) en parcourant vingt-six mètres.

Ainsi, entre l'alignement, avion arrêté, et la position de mise en puissance de décollage, la distance parcourue est estimée à quarante mètres.

- La rotation commence 32 s après le début de la mise en puissance (12 h 29 min 42 s). L'assiette atteint 20° 4 s après et elle est maintenue entre 20 et 17° pendant 14 secondes.

Pendant cette phase, le braquage des gouvernes de profondeur est au maximum de 12° avec le PHR à 1,7° à cabrer.

- Deux minutes et vingt secondes après le début de la mise en puissance, alors que l'avion passe le niveau de vol quarante et entame un virage à gauche du cap nord vers le cap 300, on note une désynchronisation de 3 s, sans variation sensible de paramètres de 4 150 jusqu'à 4 328 pieds sol en montée.
- Après le décollage, la vitesse indiquée croît régulièrement et atteint 240 kt au moment de la désynchronisation. Elle augmente ensuite jusqu'à 275 kt et se stabilise à 290 kt pour quelques minutes. A 12 h 44, la croisière est stabilisée au niveau 240 à une vitesse ramenée de 290 à 260 kt.

Les paramètres enregistrés ne font apparaître aucun élément marquant pendant le reste du vol.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

A l'arrivée de l'avion, les constatations suivantes ont été faites (cf. annexe 4).

Côté droit

- absence de revêtement inférieur du caisson de PHR sur une longueur de 1,76 m de la nervure n° 10 jusqu'à l'extrémité du PHR,
- absence de la partie extérieure de la gouverne de profondeur depuis la charnière n° 4 jusqu'à l'extrémité de la gouverne sur une longueur de 2,93 mètres.

Côté gauche

- absence d'une partie de la gouverne de profondeur depuis la nervure n° 11 jusqu'à l'extrémité de la gouverne sur une longueur de 1,34 m et endommagement de cette gouverne sur une longueur supplémentaire de 1,22 mètres,
- présence de trous dans la partie extérieure de l'intrados du PHR.

Par ailleurs, l'intrados du côté droit du PHR est partiellement délaminé.

De multiples traces de frottement ou d'impact ont été remarquées dans les zones de cassures sur l'intrados, en plus des cassures décrites au paragraphe 1.3. Certains impacts ont même perforé les peaux de carbone. Le détail des dégradations du PHR est donné au paragraphe 1.16.2.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Sans objet.

1.14 Incendie

Il n'y a pas eu d'incendie.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Le prolongement d'arrêt

1.16.1.1 Définition d'un prolongement d'arrêt

Le fascicule 2 de l'ITAC précise qu'un prolongement d'arrêt est « une partie de terrain coaxiale à la piste, adjacente à une des extrémités, d'une largeur au moins égale à celle de la piste et aménagée de façon qu'un aéronef roulant au sol et venant à dépasser occasionnellement l'extrémité de la piste, soit à l'atterrissage, soit en fin d'une manœuvre d'accélération arrêt, puisse le faire sans subir de dommages et sans que ses réacteurs n'absorbent de corps étrangers ».

Il est également rappelé que le « prolongement d'arrêt ne doit pas être confondu avec le tiroir qui est normalement utilisable en fin d'atterrissage ou en début de décollage ».

Dans la documentation Air France mise à la disposition des pilotes, les éléments relatifs au prolongement d'arrêt se trouvent dans la partie « Réglementation Exploitation Technique des aéronefs » du manuel « Généralités Lignes » en page 1.02.21 « Limitations opérationnelles au décollage ». Il y est précisé que le prolongement occasionnellement roulant est un : « Prolongement de la piste, d'une largeur au moins égale à celle-ci, déclaré « utilisable » par l'administration de l'aérodrome, sur lequel l'avion peut s'arrêter en cas d'accélération arrêt. Il est aménagé de manière à supporter le poids de l'avion, sans lui occasionner des dommages de structure ».

1.16.1.2 Portance de la chaussée

La portance d'un prolongement d'arrêt de piste ne fait pas l'objet d'une évaluation pendant sa durée de vie, ni réglementairement ni en pratique. Aucun seuil de portance⁵ n'est spécifié dans les documents de référence, ni mentionné dans les cartes AIP. Toutefois, il est demandé lors de la construction d'un prolongement d'arrêt que son dimensionnement soit réalisé pour les charges de calcul des dimensions de la chaussée de piste, pondérées d'un coefficient 0,5.

⁵ valeur PCN : Pavement Classification Number exprimant la portance d'une chaussée ou portance RSI : Roue Simple Isolée exprimant la charge admissible.

1.16.1.3 Examen du prolongement d'arrêt de Nîmes-Garons

1.16.1.3.1 Historique

Un premier revêtement de chaussée avait été réalisé sur le prolongement d'arrêt 18 en 1960. Il n'a pas été possible de retrouver des éléments relatifs aux dates, types et épaisseurs de matériaux utilisés lors de travaux ultérieurs de renforcement ou de réfection de ce prolongement d'arrêt.

Toutefois l'aspect visuel de la surface fait apparaître trois sections distinctes (cf. annexe 5) repérées à partir de points métriques PM (enrobés de surface d'aspects, de structures et de textures différents) :

- section 1 entre PM 0 (pris au seuil de piste) et PM - 32 m,
- section 2 entre PM - 32 m et PM - 51 m,
- section 3 entre PM - 51 m et PM - 90 m.

Les morceaux d'enrobés arrachés lors de l'accident permettent de reconstituer sommairement les structures de chaussée des deux premières sections :

Section 1

- une couche d'enrobé mince de type 0 / 6 (granulométrie de 0 à 6 mm et épaisseur de 4 à 5 cm),
- une couche de base en tout-venant (épaisseur inconnue).

Section 2

- une couche de surface en enrobé de type 0 / 14 (granulométrie de 0 à 14 mm et épaisseur de 7 à 10 cm),
- une sous-couche d'imprégnation (épaisseur de 1 à 3 cm),
- une couche de base en tout-venant (épaisseur non connue avec précision mais estimée à 50 cm).

On peut penser que la section 1 a subi une réfection totale de la chaussée depuis sa création tandis que la section 2 ne semble avoir reçu qu'un simple renforcement en enrobé d'épaisseur variable (entre 7 et 10 cm d'après les matériaux prélevés).

Le mode de raccordement entre les deux sections indique que l'enrobé de la section 1 est plus ancien que celui de la section 2. La structure présumée de la section 2 serait alors la suivante :

- enrobé de surface : 7 à 10 cm d'épaisseur,
- imprégnation (1960) : 2 à 3 cm,
- tout-venant (1960) : 50 cm environ.

Dans ce cas, l'interface entre la couche d'imprégnation et celle en tout-venant est âgée de plus de trente ans.

1.16.1.3.2 Aspect visuel de la surface

Les trois sections présentent un aspect de surface caractéristique d'enrobés vieux et fragiles (cf. annexe 6), c'est-à-dire que l'on relève de nombreuses dégradations de type « fissurations » réparties sur l'ensemble de la surface, y compris sur les zones latérales, ainsi que des joints de bande très ouverts.

Ces dégradations sont particulièrement importantes sur la section 1, sur laquelle on relève :

- un faïençage généralisé du revêtement,
- la présence de « nids de poule » (départs de matériaux),
- une forte humidité au droit des joints de construction des bandes transversales de répandage.

Une attention particulière a été accordée au joint de raccordement entre les sections 1 et 2 qui se situe à la base de la zone endommagée :

- en zone centrale, ce joint est particulièrement ouvert (largeur d'ouverture supérieure à 1 cm). Cela conduit, notamment par infiltration des eaux de ruissellement favorisant le décollement, à une nette insuffisance d'adhésion des revêtements sur leur support au voisinage du joint.
- dans les zones latérales, une mince couche de l'enrobé de la section 2 chevauche celui de la section 1 (raccordement en sifflet sur la chaussée préexistante de la section 1). Il n'existe aucun collage entre les deux couches superposées et on a pu constater le 15 février 1991 que le bord du sifflet de l'enrobé de la section 2 se décolle aisément à la main, ce qui entraîne le départ du revêtement de la section 2.

Par ailleurs, on relève plusieurs traces de pneumatiques sur le prolongement d'arrêt, montrant que des touchés de roues ont eu lieu en amont du seuil de piste. Aucune déformation ou rupture du revêtement aux endroits des touchés n'a été constatée.

De plus, aucun signe de fatigue ni de rupture de la chaussée sous circulation d'avion n'a été remarqué. En particulier, dans la zone présumée de roulage et de rotation de l'avion, aucune dégradation caractéristique de type fissuration parabolique ou pelade n'est visible. Les photographies prises après l'accident permettent de reconstituer le cheminement de l'avion (cf. annexe 7). Elles laissent apparaître des traces de roue sur une fine pellicule de neige recouvrant le prolongement d'arrêt. Cette observation est d'autant plus importante qu'elle doit être rapportée aux sollicitations très contraignantes exercées par la rotation d'atterrisseurs sur un enrobé : de très fortes contraintes de cisaillement sont alors appliquées en surface et aux interfaces entre couches.

1.16.1.3.3 Influence des conditions météorologiques sur les caractéristiques mécaniques du prolongement d'arrêt

Les relevés météorologiques concernant l'état du sol mentionnent des températures positives et de très faibles précipitations. On peut donc en déduire qu'aucun phénomène météorologique n'a pu provoquer des infiltrations importantes d'eau, un gonflement au gel de la couche superficielle du sol ou un faïençage du revêtement.

1.16.1.3.4 Conclusion des constatations infrastructures

D'une part, les dégradations relevées indiquent que le revêtement a atteint sa limite de durée de vie (qu'il ne faut pas confondre avec la limite de durée de vie du prolongement d'arrêt, qui n'est pas définie). Le revêtement n'assure plus l'étanchéité de la sous-couche inférieure avec une altération possible de la structure en cas de forte contrainte de sollicitation à la charge ou thermique.

D'autre part, il ne fait pas de doute que l'ouverture du joint entre les sections 1 et 2 favorise la pénétration d'eau, facilitant le décollement d'interface entre les couches dans la zone centrale. Ceci rend la zone en question particulièrement fragile sous des sollicitations exceptionnelles. Les morceaux d'enrobé arrachés sont toujours solidaires de l'interface d'accrochage et la séparation se situe toujours au niveau du tout-venant⁶. Cela signifie donc que l'interface de liaison entre l'enrobé de roulement et le tout-venant a joué son rôle et n'a pas cédé malgré les contraintes exceptionnelles.

On peut en conclure qu'aucun élément ne permet de mettre en cause la portance de la chaussée du prolongement d'arrêt. Celui-ci semble pouvoir encore répondre à l'objectif principal qui lui est fixé : résister au passage d'un aéronef sans altération de la surface du revêtement.

Toutefois, il apparaît de fait qu'il n'a pu résister à la sollicitation particulière que constitue le souffle d'un réacteur. La section 1, en particulier sa zone centrale de raccordement avec la section 2, est la partie la plus fragile à cet égard.

1.16.2 Recherche des éléments du PHR et examens

Des débris de fibres de carbone ont été retrouvés sur le bord du prolongement d'arrêt alors que la plupart des éléments arrachés l'ont été à 8 km de Nîmes-Garons, à proximité de Courbessac. La carte en annexe 8 donne la trajectoire de l'avion et la position des débris au sol. Cette position est cohérente avec les vibrations ressenties en montée et le vent donné par la météo.

Ont été ainsi retrouvés à proximité de Courbessac :

- la partie manquante du caisson droit,
- l'essentiel de la partie manquante de la profondeur droite,
- l'essentiel de la partie manquante de la profondeur gauche.

⁶ Il faut rappeler que le tout-venant ne travaille qu'en compression et non à la traction

Les travaux suivants ont été réalisés au Centre d'Essais des Propulseurs :

- examen du PHR,
- reconstitution du PHR,
- analyses de traces sur le PHR,
- essais caractéristiques des matériaux constituant le PHR.

1.16.2.1 Examen de la partie droite du PHR

La partie droite du PHR présente une cassure située à deux mètres du saumon. Sur le bord d'attaque, on relève des indices de frottement. A l'intérieur du caisson, à proximité de la ligne de cassure extradados, des traces de peinture « blanc extérieur » ont été laissées par un élément ayant traversé l'intrados. Il manque environ 2 m² de peau de carbone sur l'intrados. On remarque des lignes de sauts statiques correspondant au pelage de la peau de carbone sur les voiles des petits longerons.

On observe quelques traces de liant bitumineux.

Il manque une surface d'environ 0,6 m² sur l'intrados du saumon. Le longeron arrière est partiellement détruit sur environ soixante centimètres. L'extrémité du saumon s'est détachée en vol.

On observe de multiples déchirements de la peau intrados de la gouverne de profondeur avec des traces d'impact et des pénétrations de graviers et de débris d'enrobé.

La reconstitution de la partie droite du PHR a permis un certain nombre d'observations :

- La rupture s'est produite suivant un axe longitudinal entre les nervures 10 et 11. La cassure de la gouverne est légèrement décalée vers la nervure gauche.
- A gauche de la cassure de la gouverne, il manque un morceau d'environ soixante cinq centimètres de large.
- Du côté intrados, la peau du caisson central a été arrachée sur environ 2,75 mètres.
- Au droit de la rupture, des raidisseurs et une partie du longeron arrière ont été arrachés.
- L'intrados est beaucoup plus détérioré que l'extrados.

En résumé, la reconstitution de la cassure a mis en évidence la présence à l'extrados d'une série de trous dus à des impacts orientés du bas vers le haut du caisson. Le PHR s'est rompu suivant l'alignement de ces détériorations.

1.16.2.2 Examen de la partie gauche du PHR

A environ deux mètres du saumon de la partie gauche du PHR, on remarque deux trous dans la peau intrados. A l'intérieur du caisson, deux gros morceaux d'enrobé et des débris d'enrobé ont été recueillis. Ils ont laissé des traces sur la face intérieure de l'extrados. Les parties manquantes de peau intrados ont aussi été récupérées dans le caisson, les projectiles ayant agi comme des emporte-pièce.

Sur la gouverne de profondeur, on remarque aux environs de la cassure de nombreuses traces de rayures avec dépôt d'enrobé et liant bitumineux. On trouve aussi des résidus d'enrobé incrustés dans la peau de l'intrados.

1.16.2.3 Mécanisme de dégradation du PHR

Des parties du PHR ont été arrachées lorsque l'avion se trouvait au sol, d'autres l'ont été en vol. On observe successivement :

- une perforation par l'enrobé de la peau de l'intrados et de l'extrados, ainsi qu'une destruction par projection d'éléments d'enrobé d'une partie de la gouverne,
- une flexion du PHR vers le bas au droit des détériorations,
- un éclatement de la peau de l'intrados,
- une rupture finale du PHR.

1.16.3 Etude balistique des éléments en enrobé

Une étude balistique a été réalisée par Deutsche Airbus afin d'étudier la trajectoire de plaques d'enrobés sur lesquelles on applique un souffle équivalent à celui engendré par les réacteurs à la puissance de décollage (cf. annexe 9).

Les réacteurs engendrent des poussées à différentes températures des gaz. En fonction des vents ainsi produits, corrigés des températures, il est possible de déterminer une vitesse d'éjection théorique des éléments en enrobé et de calculer les trajectoires de ces éléments. Il n'a pas été tenu compte de la force nécessaire à l'arrachement des matériaux de surface sur le prolongement d'arrêt.

Des morceaux d'enrobés de différentes tailles ont été retrouvés à des distances différentes de la zone d'arrachage sur le prolongement d'arrêt, ce qui est conforme à l'étude balistique. Il est possible de définir quatre classes d'éléments en fonction de leur taille et de leur poids, avec leur point de chute et leur trajectoire :

Type	Poids en kg	Forme/taille	Vitesse à l'impact PHR Vx	Vitesse à l'impact PHR Vz	Distance de projection	Vitesse des éléments qui heurtent le PHR
A	50	Plat 80 cm x 70 cm épaisseur 7 cm	14,6 m/s 12,5 11,2 10,2	8,3 m/s 11,1 13,5 15,6	25 m	17 m/s
B	10	Plat 33 cm x 33 cm épaisseur 7 cm	14,6 12,5 11,2 10,2	8,3 11,1 13,5 15,6	50 m	27 m/s
C	1	Plat 10 cm x 11 cm épaisseur 7 cm	14,8 12,6 11,2 10,3	8,5 11,2 13,6 15,7	100 m	43 m/s
D	0,1	Sphérique Diamètre 5 cm	15,0 12,7 11,3 10,4 9,4	8,7 11,8 14,0 16,2 17,4	200 m	65 m/s

Le souffle des réacteurs engendre une vitesse horizontale et, par ricochet sur le sol, une vitesse verticale sur les éléments arrachés. Ces éléments suivent alors différentes trajectoires suivant des cônes de projection qui sont fonction de la taille, de la forme et du poids des éléments arrachés. Le PHR est situé à une hauteur de 4,8 m par rapport au sol soit à une hauteur inférieure à celle atteinte par les éléments projetés. La dernière colonne du tableau indique les vitesses des quatre types d'éléments qui heurtent le PHR.

La position des éléments ne correspond pas à la direction du souffle des réacteurs lorsque la puissance appliquée était de 45 % de N1. Par ailleurs, les dégradations sont symétriques, ce qui implique un souffle symétrique des réacteurs. En conséquence, l'arrachement des matériaux ne s'est pas produit durant le demi-tour de l'avion, même lorsque la N1 appliquée était de 45 %.

A titre d'information, le souffle des réacteurs à 45 % engendre une poussée de 4 200 lbs environ avec une vitesse d'éjection des gaz de 50 m/s à 25 mètres. A la puissance TOGA, cette vitesse d'éjection passe à 100 m/s à 14 m derrière le réacteur, le cône d'éjection des gaz touchant le sol six mètres devant le PHR.

1.16.4 Certification du PHR

Des examens ont été effectués sur des éléments du PHR situés sur les parties accidentées, mais suffisamment éloignés de la rupture pour que les propriétés mécaniques du matériau n'en soient pas altérées.

Les résultats des essais physiques réalisés (mesure de la porosité et de la température de transition vitreuse) sont conformes aux spécifications du constructeur.

Les résultats des essais mécaniques sont homogènes entre les éprouvettes

prélevées sur la structure accidentée et sur celle de référence certifiée. Les faibles écarts constatés sont de l'ordre de grandeur de la dispersion attendue avec les composites.

En conclusion, le PHR examiné possédait des qualités de résistance conformes à celles du produit certifié.

1.16.5 Autres exemples d'impact de corps étrangers sur des PHR

Un accident similaire s'est produit le 28 septembre 1985 à Hongkong sur un B747 d'Air France au décollage. Des morceaux d'asphalte arrachés à la piste ont endommagé le PHR en métal de l'avion, qui a dû être réparé lors de l'escale technique suivante à Dubaï. Des dégâts importants ont été observés sur le bord d'attaque et l'intrados du stabilisateur gauche.

Un autre accident s'est produit en 1990 à Hongkong sur un B747 lors d'un point fixe. Le PHR et les gouvernes de profondeur de l'avion ont été endommagés.

1.16.6 Autres exemples d'arrachement de revêtement de piste ou de prolongement d'arrêt dû au souffle des réacteurs

Le 12 juin 1991 au Bourget, un Rafale a arraché à la rotation quelques morceaux de revêtement en enrobé de bitume d'une épaisseur d'environ 5 cm, correspondant à une surface de 20 mètres.

Le 13 juin 1991, toujours au Bourget, un A320 de la Lufthansa a arraché lors de la rotation une surface de 400 m² de bitume.

Le 12 juillet 1991 à Milan-Linate, un A320 d'Air France a arraché quelques morceaux d'enrobé lors de la rotation. L'incident serait dû à la température extérieure très élevée (35 °C).

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 Témoignages de l'équipage

Dans ses témoignages écrits et oraux, l'équipage a fourni les éléments suivants :

- L'avion avait subi deux dégivrages avec balayage complet des ailes par les mécaniciens se trouvant à bord.
- Deux abattements complets des volets et un du PHR ont ensuite été effectués.
- Un décollage en 36, de type « piste contaminée », a été préparé en TOGA avec anti-givrage nacelle sur marche.

- L'avion a commencé à rouler avec volets 0 ; après le décollage d'un Beech 200, il a remonté la piste 36 qui était dégagée sur trente mètres de large environ.
- Pour utiliser la longueur de piste maximale, l'équipage a utilisé le prolongement d'arrêt en faisant une altération de cap de 45° à droite suivie d'un demi-tour par la gauche.
- Il s'est aligné sur la partie droite de la piste et le commandant de bord a laissé rouler l'avion jusqu'à la piste.
- Le décollage a été normal.
- En montée, bien que le témoin de givrage soit clair, l'équipage a décidé par précaution de mettre l'anti-givrage d'ailes.
- A la mise en marche de l'anti-givrage, l'équipage a ressenti (au poste de pilotage) de fortes vibrations.
- Pensant à un pompage, il a coupé l'anti-givrage d'ailes. Les vibrations ont cessé.
- L'équipage a ensuite analysé l'ensemble des pages systèmes sur l'ECAM sans déceler d'anomalie.
- Alors que l'avion se trouvait au niveau de vol 150 environ, un mécanicien a indiqué que le saumon du PHR droit était perdu ou endommagé.
- Le pilote a déconnecté le pilote automatique et fait des évolutions à gauche et à droite sans détecter d'anomalie.
- Les mêmes manœuvres ont ensuite été effectuées avec le pilote automatique, également sans problème.
- L'équipage a donc décidé de continuer son vol en se limitant au niveau 240 et à une vitesse indiquée de 260 kt.
- Il n'a pas été averti en vol des dégradations sur le prolongement d'arrêt.
- La suite du vol et l'atterrissage se sont déroulés sans problème.

1.17.2 Témoignages des personnels au sol

Les agents qui étaient chargés des opérations de déneigement et le personnel de la tour de contrôle ont fourni, lors de l'enquête, les indications suivantes :

Opérations de déneigement

Le déneigement a été effectué sur la partie est de la piste sur une largeur de trente mètres. Les opérations de déneigement ont eu lieu de 8 h 00 à 11 h 00 entre les deux brins d'arrêt puis ont été étendues de part et d'autre de ceux-ci.

Le prolongement d'arrêt n'a pas été déneigé. Les engins de déneigement y ont seulement effectué des demi-tours.

Avant le décollage d'un Beech 200, trois minutes avant celui de l'A320, un examen de la piste et du prolongement d'arrêt n'a pas fait apparaître de dégradation.

Déroulement de l'accident

Personnel chargé du déneigement

Le personnel au sol a vu l'avion remonter la piste, pénétrer sur le prolongement d'arrêt recouvert de neige, effectuer un demi-tour (les témoignages divergent sur le sens de rotation) et mettre plein gaz. A cet instant, l'avion se trouvait sur le prolongement d'arrêt, le nez à peu près à la verticale des barres de balisage lumineux de seuil de piste. Les agents ont alors vu un gros nuage de neige et de particules qu'ils ont identifiées comme étant des morceaux d'enrobé. Ceux-ci étaient visibles jusqu'au niveau de l'empennage et même au-dessus. Ils ont ensuite constaté les dégâts sur le prolongement d'arrêt et en ont avisé leur chef, sans utiliser la radio.

Chef du contrôle local

Le chef de contrôle local se trouvait à la tour lors du décollage de l'A320. Il estime que la mise de gaz pour le décollage a été immédiate après le virage à gauche d'alignement. Il estime de plus que le décollage de l'A320 s'est effectué sur une longueur de huit cents mètres.

Cinq à dix minutes après avoir eu connaissance de l'accident, la tour de contrôle a demandé au pilote de l'A320 comment s'était passé le décollage, afin de connaître ses impressions et par souci de sécurité pour les autres avions. Le pilote a répondu qu'il n'y avait pas eu de problème.

Contrôleur de service

Le contrôleur à la tour n'a pas vu l'A320 s'engager sur le prolongement d'arrêt, compte tenu de l'éloignement du seuil de piste 36, cela ne lui était pas possible.

Balisage lumineux

Au moment de l'accident :

- les feux latéraux bleus des voies de circulation étaient allumés,
- les feux verts de seuil de piste 36 étaient éteints,
- les feux rouges d'extrémité de piste 36 étaient éteints,
- les projecteurs de brins d'arrêt étaient éteints.

2 - ANALYSE

2.1 Utilisation du prolongement d'arrêt

L'équipage a expliqué qu'il avait utilisé le prolongement d'arrêt pour faire demi-tour de façon à disposer de la longueur maximale de piste en cas d'accélération arrêt car la piste était partiellement enneigée, ce qui pouvait entraîner une dégradation du freinage.

Sa documentation Air France indiquait que : « le prolongement occasionnellement roulant ou POR est un prolongement de la piste,..., déclaré « utilisable » par l'administration de l'aérodrome, sur lequel l'avion peut s'arrêter en cas d'accélération arrêt ». Cette présentation, moins précise que celle de l'ITAC, pouvait l'amener à comprendre que le prolongement d'arrêt était utilisable si nécessaire, sans que cela soit limité aux accélération-arrêt ou atterrissage trop long.

Par ailleurs, la géométrie des lieux lorsque le taxiway est praticable, ce qui était le cas le jour de l'accident, incite naturellement le pilote à se positionner au seuil de piste pour effectuer sa manœuvre de décollage.

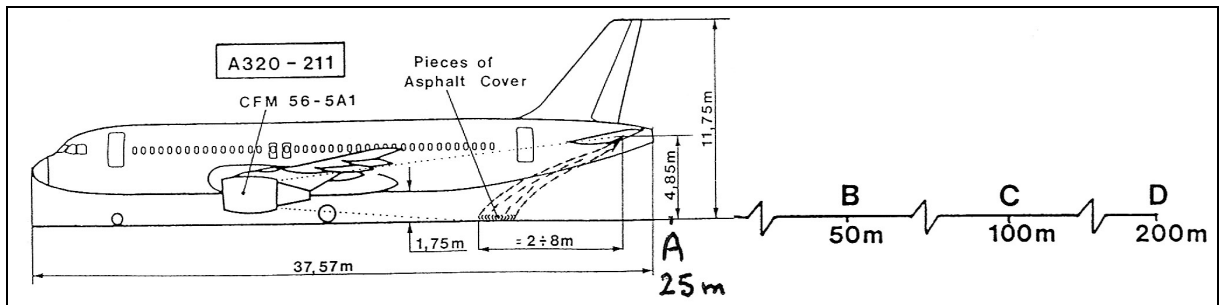
2.2 Dégradation du prolongement d'arrêt

2.2.1 Scénario de la dégradation

L'utilisation des données du FDR a permis de déterminer la distance parcourue par l'avion après le demi-tour, depuis le lâché des freins jusqu'à la position TOGA. Les données FDR (cf. § 1.11) et l'étude balistique (cf. § 1.16.3) montrent que la puissance de décollage a été appliquée alors que l'avion était encore sur le prolongement d'arrêt.

Le souffle des réacteurs montant en puissance a provoqué l'arrachement du revêtement supérieur de la chaussée, le point de départ se situant au niveau du joint, largement ouvert, entre les sections 2 et 1. Les matériaux (revêtement de surface avec sa couche de liaison) ont été arrachés sans difficulté, le tout-venant n'ayant pas de résistance à la traction. Les photos du prolongement d'arrêt, ainsi que les traces d'enrobé relevées sur le PHR, confirment le phénomène.

L'étude balistique permet de positionner précisément l'appareil par rapport aux dégradations lorsque la TOGA était appliquée, c'est-à-dire à cinq mètres du seuil de piste, conformément au schéma ci-après.



2.2.2 Etat du prolongement d'arrêt

Les dégradations relevées sur la couche de roulement indiquent que le revêtement avait atteint sa limite de durée de vie (absence d'imperméabilité). Il restait cependant apte à résister à des sollicitations occasionnelles dues au passage d'une charge roulante ou en rotation. La résistance de la structure ne fait aucun doute puisqu'il n'y a pas eu de remontée en surface de déformations de structure (sous-couche de fondation).

L'état des enrobés des sections 1 et 2 ne permettait plus d'assurer l'étanchéité de la couche de roulement. Il y avait donc, lors d'épisodes pluvieux, pénétration d'eau dans la couche de liaison et vraisemblablement jusqu'au tout-venant, favorisant ainsi le décollement dans la zone centrale entre les couches de roulement-accrochage qui restaient solidaires et le tout-venant. Ceci rendait la zone en question particulièrement fragile sous des sollicitations exceptionnelles, notamment pour les sollicitations à l'arrachement. Il faut rappeler que l'utilisation normale d'un prolongement d'arrêt n'engendre pratiquement pas de telles sollicitations.

Si les réacteurs s'étaient situés à proximité du seuil de piste au moment de la mise en poussée, la section 1 du prolongement d'arrêt aurait sans doute été endommagée, puisqu'elle présentait de nombreux points encore plus fragiles que la partie détériorée (joint transversaux ouverts espacés tous les trois mètres, nids de poule, zone de faïençage de niveau élevé).

Ainsi aucun élément ne permet de mettre en cause la portance de la chaussée du prolongement d'arrêt. Celui-ci semblait pouvoir répondre à l'objectif principal qui lui est fixé (résistance sous le passage d'un aéronef avec maintien de l'intégrité de surface du revêtement). Toutefois, il apparaît qu'il ne pouvait résister à des sollicitations particulières et anormales (du type souffle de réacteur), la section 1 et en particulier sa zone centrale de raccordement avec la section 2 étant la partie la plus fragile.

2.3 Processus de la dégradation

La dégradation du PHR s'est faite en plusieurs phases puisque des éléments en ont été retrouvés, aussi bien sur le prolongement d'arrêt que sous la trajectoire de l'avion après le décollage.

L'examen du PHR a montré que des morceaux d'enrobé étaient venus en percuter l'intrados et les gouvernes de profondeur (traces d'enrobé et de liant sur les ruptures, morceaux fichés dans l'intrados ou retrouvés dans les caissons...). Ces détériorations ont entraîné un affaiblissement de la résistance du PHR.

En vol, les efforts aérodynamiques ont provoqué :

- Une flexion vers le bas, au droit des détériorations, avec un gonflement de la peau de l'intrados par rapport au longeron, un pivotement du bord d'attaque par rapport à la partie supérieure du longeron, ainsi qu'une rupture en compression de ce longeron.
- Un éclatement de la peau de l'intrados avec une détérioration finale du longeron arrière. Le PHR tenait alors par des bandes métalliques du bord d'attaque et du bord de fuite, peut-être aussi par une partie du longeron avant et de la peau de l'extrados.
- Enfin la rupture du PHR. Cette rupture est complexe et s'est produite vraisemblablement en torsion vers le haut à l'avant et vers le bas à l'arrière.

Après le décollage, le responsable du déneigement, ayant vu des éléments sombres projetés derrière l'avion, est allé examiner le prolongement d'arrêt et a constaté les dégâts. Il est allé en rendre compte verbalement au responsable du contrôle, ce qui a fait perdre plusieurs minutes par rapport à une utilisation de la radio. Par ailleurs, cette information n'a pas été retransmise à l'équipage.

2.4 Déroulement du vol

N'ayant reçu aucune information du sol sur les dégradations du prolongement d'arrêt, l'équipage a effectué sa montée jusqu'à l'apparition de très fortes vibrations.

N'ayant pas non plus, à ce moment, d'information sur les dégâts de l'avion (ceux-ci lui seront signalés, partiellement, quelques minutes plus tard seulement par un passager), et en l'absence d'alarme, de paramètres anormaux ou de sensations inhabituelles lors d'évolutions, l'équipage a alors associé le phénomène vibratoire au changement d'état de l'avion, c'est-à-dire à la mise en fonction de l'anti-givrage d'aile.

Par la suite, la visibilité limitée par les hublots lui a seulement permis de constater que le saumon manquait, sans qu'il puisse voir que la structure et les gouvernes étaient également endommagées.

Peut-être parce que son analyse s'était déjà orientée vers l'anti-givrage d'aile, l'équipage a interprété la perte du saumon comme une conséquence et non comme la cause des vibrations et, bien sûr, sans établir de lien avec les circonstances d'un décollage qu'il n'avait aucune raison de ne pas considérer comme tout à fait normal. Il a donc poursuivi son vol, l'anti-givrage arrêté, en limitant pour des raisons de sécurité le niveau de vol et la vitesse. Comme il n'a plus constaté d'anomalie, ce qui le confortait dans son analyse, il a effectué la totalité du vol prévu.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

- L'équipage détenait les licences et les qualifications requises pour l'exploitation de l'avion.
- L'avion était réglementairement entretenu et certifié.
- La piste était partiellement recouverte de plaques de neige.
- Les feux d'extrémité de piste étaient éteints mais visibles.
- Après avoir remonté la piste, le pilote a effectué un demi-tour, puis il a mis les gaz sur le prolongement d'arrêt.
- La puissance au décollage a été atteinte avant que l'avion n'arrive au seuil de piste.
- Le souffle des réacteurs a provoqué l'arrachage du revêtement du prolongement d'arrêt. Des éléments de revêtement ont été projetés sur le PHR de l'avion et l'ont endommagé.
- Sa résistance mécanique s'étant trouvée altérée, le PHR a subi de nouvelles dégradations au cours de la montée.
- Les dégradations du prolongement d'arrêt ont été constatées par le personnel au sol mais aucune information n'a été transmise à l'équipage.
- Les occupants de l'avion ont ressenti de violentes vibrations en passant le niveau 40 en montée.
- En l'absence d'autre indication, l'équipage a assimilé les vibrations à la mise en fonctionnement de l'anti-givrage des ailes.
- Après l'arrêt des vibrations, l'équipage a constaté la perte du saumon du PHR sans toutefois pouvoir identifier la totalité des dégradations.
- Le vol a été poursuivi sans autre incident jusqu'au point de destination, à une vitesse et à un niveau de vol réduits.
- La résistance du PHR était conforme à la certification.
- La résistance de la structure du prolongement d'arrêt était conforme à son utilisation prévue.

3.2 Cause

L'accident, c'est-à-dire la dégradation initiale du prolongement d'arrêt et les dégradations conséquentes du PHR de l'avion, est dû à l'application de la puissance de décollage sur ce prolongement d'arrêt, ce qui ne correspond pas à son utilisation prévue.

On peut noter les facteurs contributifs suivants :

- L'état dégradé de la couche de roulement du prolongement d'arrêt avait affaibli sa résistance à des sollicitations anormales, tel le souffle des réacteurs à la puissance de décollage.
- La non transmission à l'équipage des constatations faites au sol après le décollage ne lui a pas permis d'analyser correctement l'état de son avion, ce qui l'a conduit à poursuivre le vol prévu.

Liste des annexes

ANNEXE 1

Carte d'aérodrome de Nîmes-Garons

ANNEXE 2

Schéma du prolongement d'arrêt

ANNEXE 3

Planche photographique de l'état de la piste le jour de l'accident

ANNEXE 4

Planche photographique de l'état du PHR

ANNEXE 5

Schéma des réparations et mise en oeuvre des enrobés sur le prolongement d'arrêt

ANNEXE 6

Planche photographique de l'aspect visuel de surface du prolongement d'arrêt

ANNEXE 7

Planches photographiques des traces de roulage de l'avion

ANNEXE 8

Cartes des points d'impact des débris du PHR au sol et trace radar de l'avion

ANNEXE 9

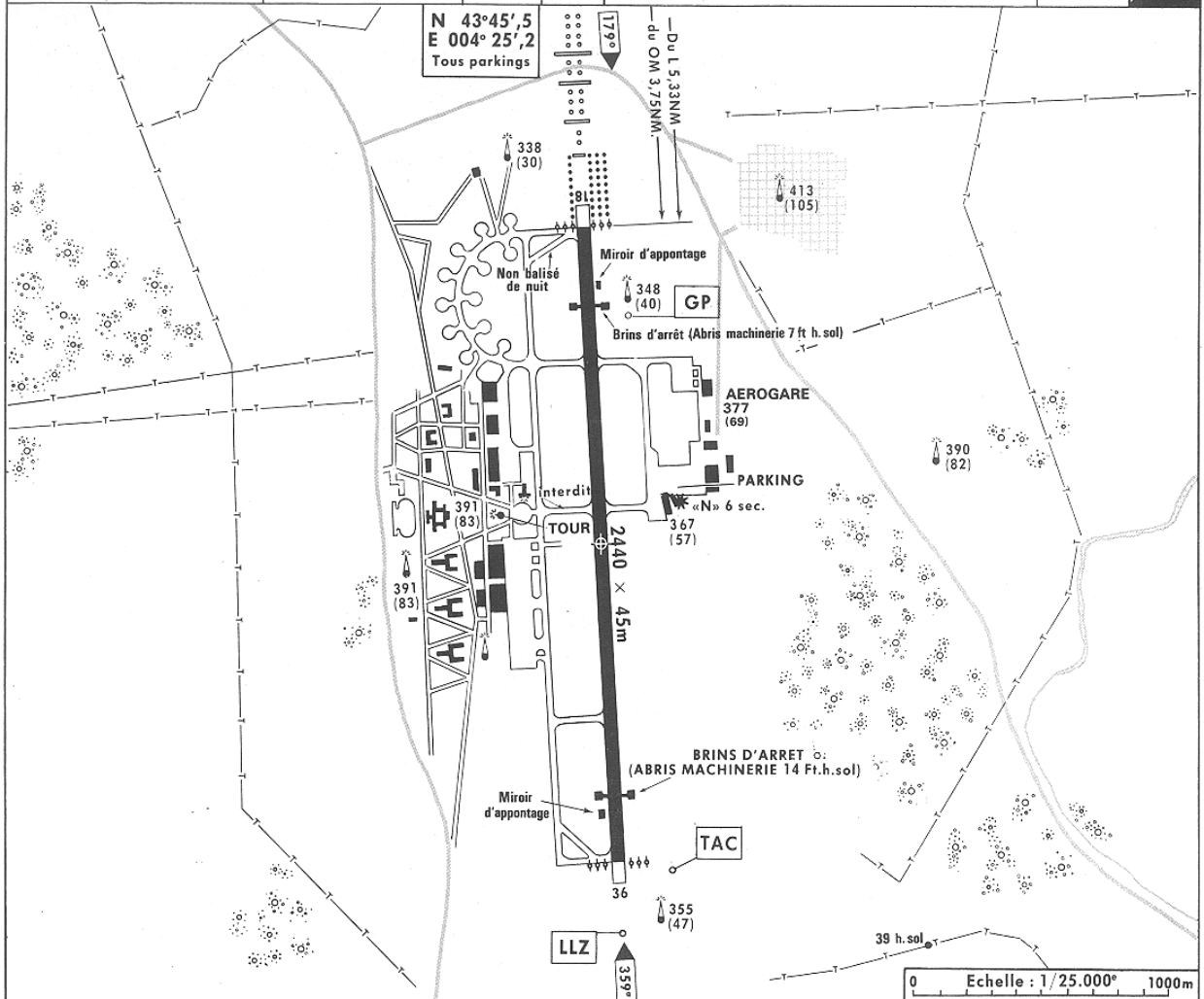
Schémas des températures et vitesses d'éjection des gaz du réacteur

ANNEXE 9

Schémas des températures et vitesses d'éjection des gaz du réacteur

Plan et Inf. Aérodrome Altitude 308 Ft **LFTW NIMES Garons.**

APP Arr : 124.9-119.7-122.1 TWR 123.2 Clearance Départ 121.8 Ground Control 121.8 14 Janv. 88 3 3



PISTES	RESISTANCE		Nature	ALTITUDE SEUIL (ft)	LONGUEURS UTILISABLES EN METRES*			BALISAGE									
	Total AVION (Tonnes)	Poids			DISTANCES ATERRISSAGE		POR	Ligne d'approche		TDZ	L.C.		Pistes		POR		REMARQUES
N°	Begle	Diabolo		Jour	Nuit		Hi	Bi				Hi et D	Bi et D'				
18	150	80	BETON	302	2440	90	R					R					
36				308	2440	90						R					

* Distances opérationnelles décollage : Voir PARTIE 9 - LIMITATIONS (Escaltes régulières seulement) HOR. AER : Lu. à Ve. : 0800 1700 Loc. et s/D 1 h Ouvert en secours H 24 S/P 15 min.

Déroutement éventuel vers NIMES : En dehors des heures d'ouverture, demander accord d'atterrissage et de handling par l'intermédiaire de l'escala AF Marseille sur 131.5. (Dérogation pouvant, dans la majeure partie des cas, être réduite à un préavis de 10 à 30 minutes).

MINIMA DECOLLAGE	GR	VISI avec LC	VISI sans LC	Hbn
	3	3 PVP ou VIBAL transmises autres cas		400m
2	PVP ou VIBAL Seuil et Mi-Piste transmises autres cas		300m	0

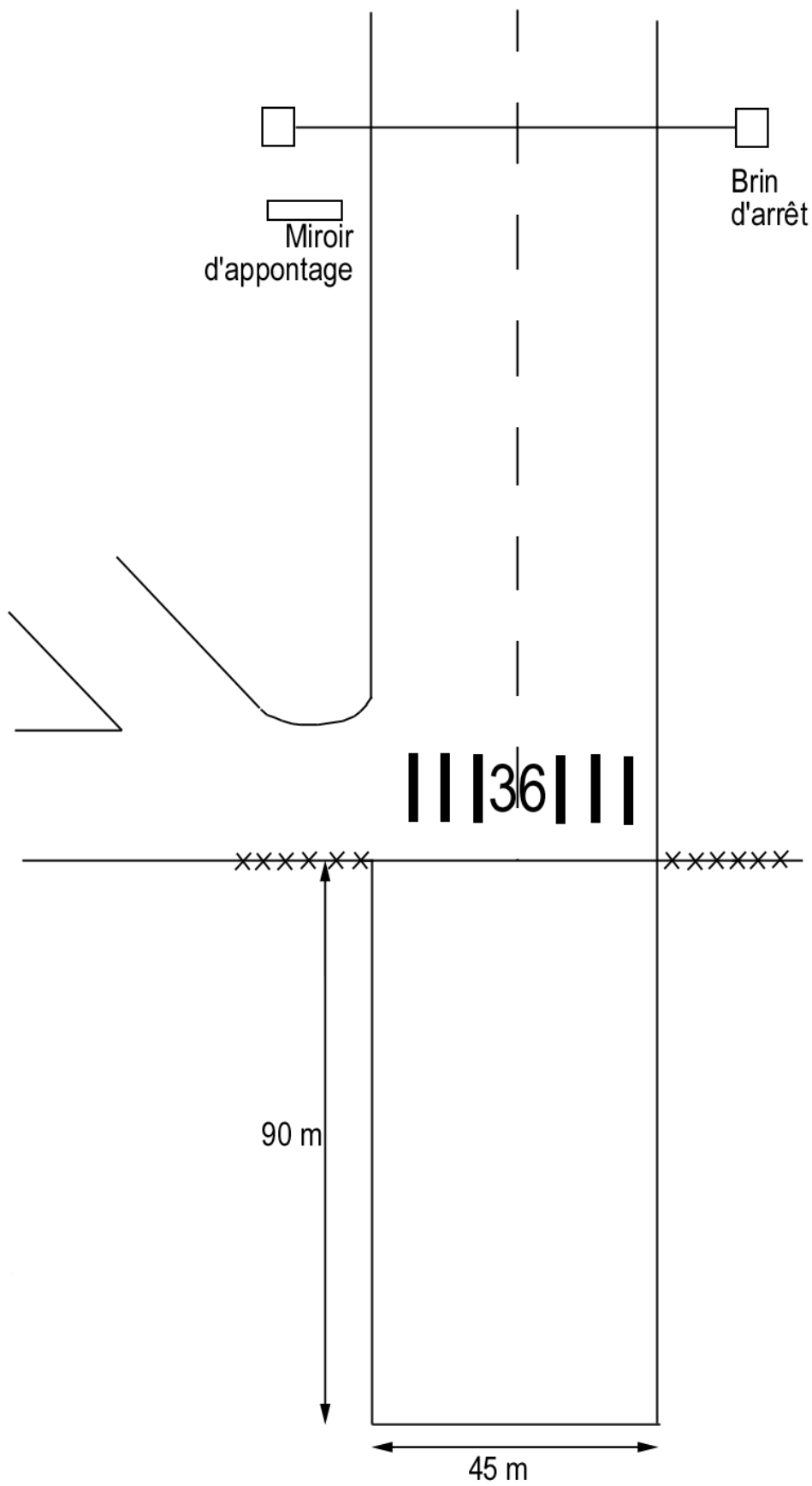
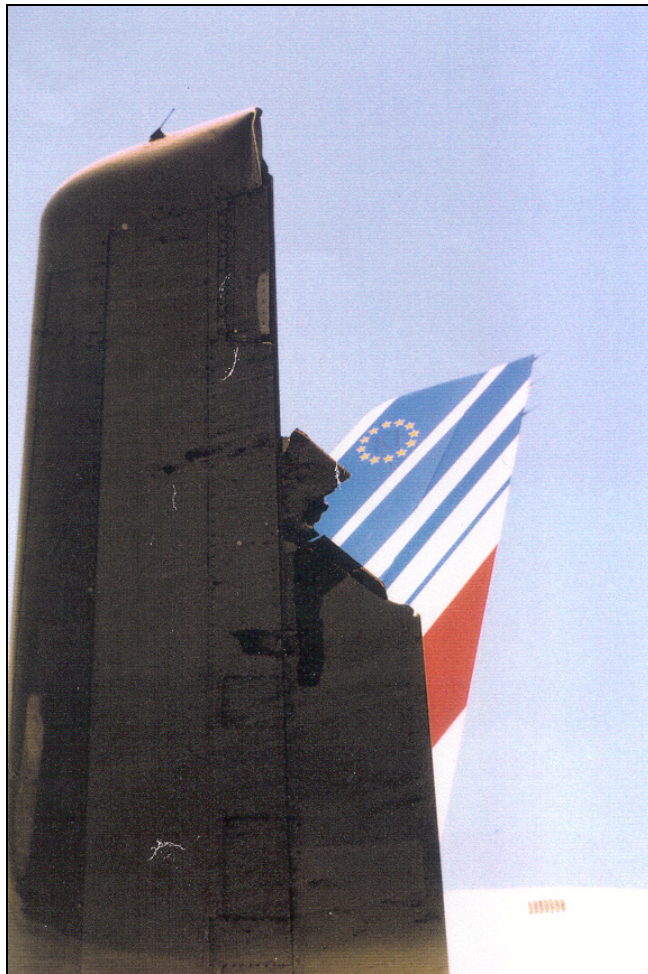


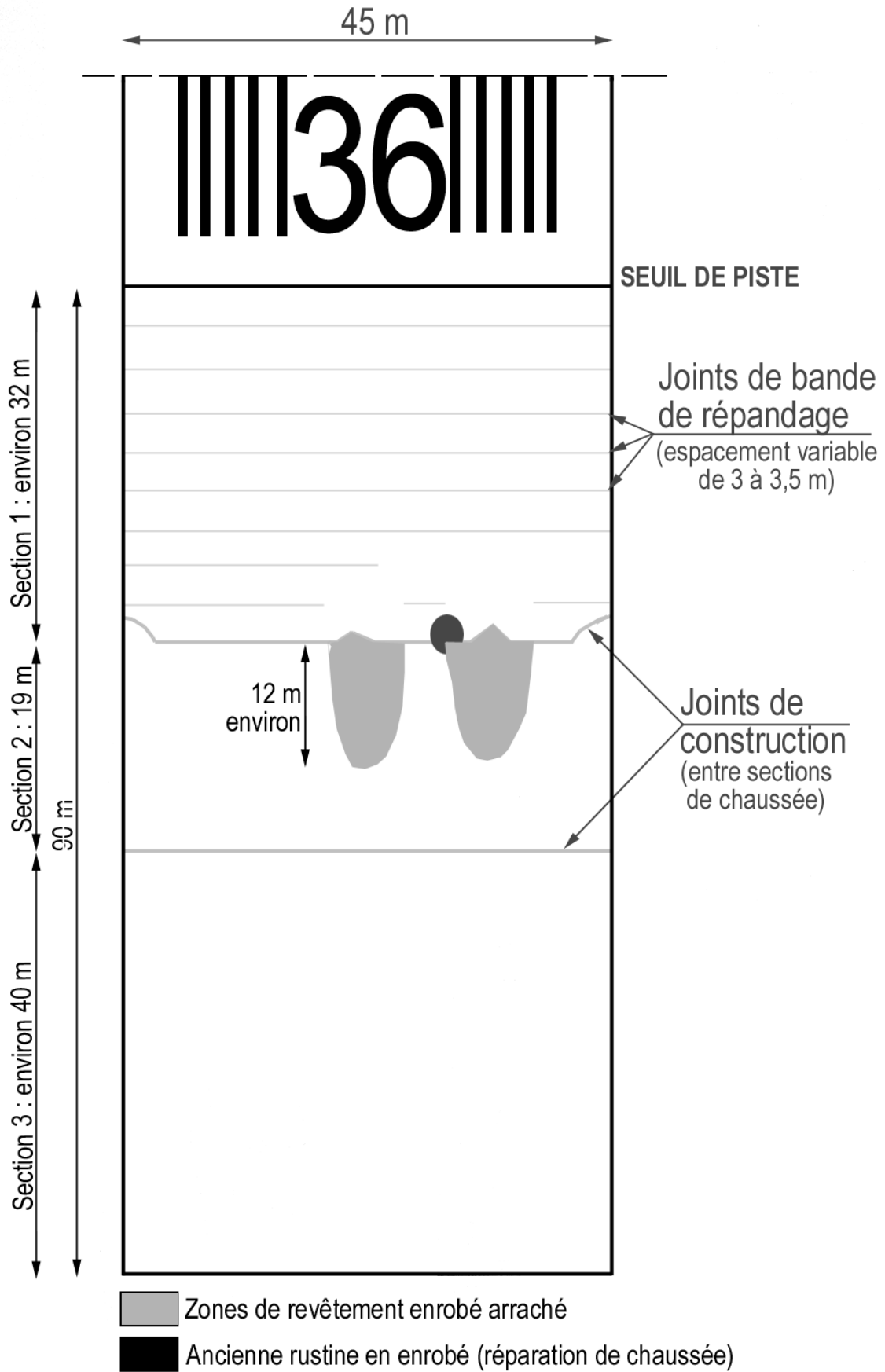
Schéma du prolongement d'arrêt















Traces à l'application TOGA

Traces du roulage pour le demi-tour

