

Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE  
A01P0282



DÉFAILLANCE DE LA ROUE LIBRE

DE L'HÉLICOPTÈRE EUROCOPTER SA315B LAMA C-GXYM  
EXPLOITÉ PAR DWAYNE AIR 2000, LTD.  
SUR LA MONTAGNE SAWTOOTH (COLOMBIE-BRITANNIQUE)  
LE 8 NOVEMBRE 2001

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet accident dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

## Rapport d'enquête aéronautique

### Défaillance de la roue libre

de l'hélicoptère Eurocopter SA315B Lama C-GXYM  
exploité par Dwayne Air 2000, Ltd.  
sur la montagne Sawtooth (Colombie-Britannique)  
le 8 novembre 2001

Rapport numéro A01P0282

### *Sommaire*

L'hélicoptère Eurocopter SA315B Lama immatriculé C-GXYM et portant le numéro de série 2634 effectuait du transport à l'élingue sur les pentes de la montagne Sawtooth, près de Buhl Creek (Colombie-Britannique). Alors qu'il soulevait une charge de billes de bois au moyen d'une élingue de 150 pieds de long, le pilote a eu des problèmes et a largué la charge. Un bruit mécanique strident a retenti. L'hélicoptère a repris momentanément de l'altitude avant de redescendre très vite, puis il a percuté la forte pente de 45 degrés en contrebas. Le pilote a subi des blessures mortelles; l'hélicoptère a été détruit sous le choc. Le réservoir de carburant s'est rompu, mais il n'y a pas eu d'incendie.

*This report is also available in English.*

## Autres renseignements de base

L'hélicoptère volait à une altitude de 5 900 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl). Au moment de l'accident, le ciel était clair, il n'y avait pas de vent, et la température était d'environ 5 °C. L'altitude-densité était légèrement supérieure à 6 000 pieds. Le sol était recouvert d'une fine couche de neige.

Le jour de l'accident, l'hélicoptère volait depuis 3,5 heures et en était à son troisième cycle d'hélicodébardage<sup>1</sup>. Dans le cadre de cette opération de transport à l'élingue, un cycle comptait de 20 à 30 rotations<sup>2</sup>. Les techniciens d'entretien d'aéronef (TEA) sur place ont déclaré avoir ravitaillé l'hélicoptère à deux reprises dans la matinée et ils estiment que l'accident est survenu quelque 15 minutes avant l'arrêt prévu pour ravitailler l'appareil en carburant. Avant d'aller ravitailler l'appareil, le pilote appelle à l'avance la zone de déchargement et demande à ce que les élingues baguées soient préparées pour que l'hélicoptère puisse les livrer sur le flanc de la colline, mais dans ce cas-ci, le pilote n'avait pas encore appelé pour faire part de son intention de venir prendre les élingues baguées sur la zone d'atterrissage.

Des échantillons de carburant ont été prélevés dans le filtre à carburant de la cellule, dans le camion-citerne concerné et dans le dispositif d'avitaillement portatif se trouvant sur la zone de ravitaillement. Aucune trace de contamination n'a été décelée.

La section 4 (Performances) du manuel de vol approuvé par Transports Canada renferme une courbe vitesse/altitude qui définit les paramètres de vol en-deçà desquels une utilisation prolongée doit être évitée (Figure 1). L'hélicoptère accidenté faisant du transport répété de charges lourdes à environ 165 pieds au-dessus du sol (agl), et ce, dans des conditions d'altitudes et de vitesse pour lesquelles il n'avait pas été démontré qu'il était possible d'effectuer sans danger un atterrissage d'urgence en cas de perte de puissance du moteur.

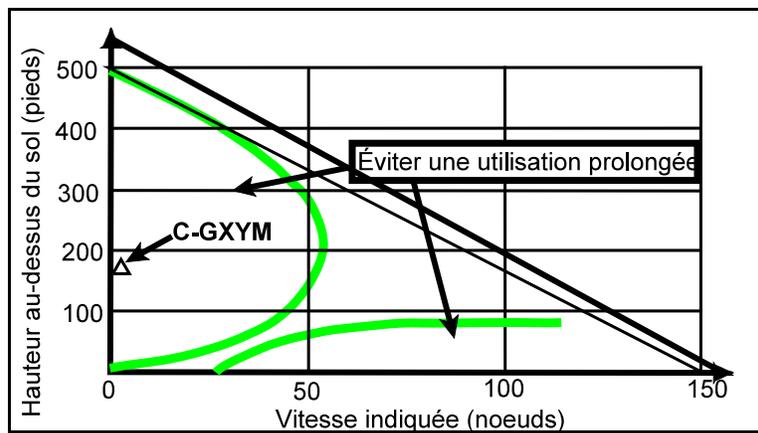


Figure 1 - Courbe vitesse/altitude (Eurocopter)

<sup>1</sup> Un « cycle d'hélicodébardage » est la période comprise entre deux ravitaillements et, dans le cas à l'étude, sa durée était de 60 à 75 minutes avec un plein de 90 gallons américains.

<sup>2</sup> Une « rotation » consiste en un aller-retour de l'hélicoptère qui va chercher les billes, généralement à flanc de colline, pour les rapporter au pied de la zone de déchargement.

L'hélicoptère Lama d'Eurocopter est un dérivé des hélicoptères Alouette II et III de l'Aérospatiale. Il a volé pour la première fois en mars 1969. L'hélicoptère accidenté (immatriculé C-GXYM) avait été construit en 1976 et totalisait 9 525 heures de vol. Il était équipé d'un moteur Turbomeca Artouste III B1 (numéro de série 781) qui totalisait 6 040 heures de fonctionnement depuis sa mise en service initiale (TTSN) et 2 817 heures depuis sa dernière révision (TSO).

L'épave occupait une zone restreinte et a été récupérée. Les fixations du moteur se sont rompues pendant l'accident, et le moteur reposait sur la cellule après l'accident. D'après l'information recueillie, le moteur fonctionnait encore après l'impact et a dû être coupé. Le réservoir de carburant s'est rompu à l'impact, et les enquêteurs ont indiqué qu'il y avait une forte odeur de carburant sous l'épave après l'accident.

Les bords d'attaque des pales du rotor principal n'étaient pas très endommagés. Deux des trois pales étaient fracturés prêt de l'implanture et tordues vers le bas et vers l'arrière. La troisième pale était transpercée, près de l'extrémité, par une branche de deux pouces. L'élingue était demeurée attachée au crochet de charge de l'appareil et se trouvait, en amont de l'épave de l'hélicoptère, entre l'épave et la charge larguée.

L'examen de l'hélicoptère accidenté a révélé que la roue libre était absente. La roue libre est conçue pour permettre à l'hélicoptère de se mettre en autorotation en cas de perte de puissance du moteur ou de perte d'entraînement de la transmission. Des recherches, financées par le BST et assurées par l'exploitant, ont permis, au moyen de détecteurs de métaux et après 100 heures-hommes, de retrouver la roue libre. Elle se trouvait à environ 40 pieds sur la gauche, en avant de l'épave principale.

Les enquêteurs ont constaté, lors de l'examen de la roue libre, que la plaque signalétique était absente. Elle s'est probablement détachée durant l'accident. Des traces sur la surface peinte semblent indiquer que la plaque signalétique a été, à un moment donné, collée ou fixée sur l'anneau ou sur la tête d'entraînement de la roue libre. Les schémas techniques d'Eurocopter indiquent que la plaque signalétique doit se trouver sur l'arbre ou le moyeu de petit diamètre, du côté moteur, proche du joint annulaire de la roue libre. Deux autres roues libres similaires ont été examinées après l'accident à des fins de comparaison, et l'on a constaté que l'emplacement de la plaque signalétique variait. De plus, des sous-composants majeurs, comme le moyeu (arbre d'entraînement cannelé), ne portent pas de marque d'identification visible, comme un numéro de série. Le moyeu peut être réutilisé lors de la révision de la roue libre.

Eurocopter n'établit pas de limite de vie en service ni de nombre limite de cycles pour la roue libre. Ce composant est identifié au moyen d'une fiche signalétique ou d'un autocollant qui peut se détacher et être perdu. Pour assurer la traçabilité des composants à vie limitée, le *Règlement de l'aviation canadien (RAC)*<sup>3</sup> exige que l'identification de ces composants soit gravée ou estampée de façon permanente. Si la plaque d'identification du composant se détache et est perdue, le composant demeure en état de navigabilité en autant qu'il soit en état de service, qu'il demeure sur l'appareil et que des dossiers techniques documentent son installation.

Des pièces de sous-composants de la roue libre peuvent être remises en service à l'occasion d'une révision, ce qui fait que ladite roue libre peut être constituée de pièces neuves et usagées tout en conservant le même numéro de série : elle est de ce fait un composant « selon état » ou

---

<sup>3</sup>

Paragraphes (1)/(2) de l'article 201.05 du RAC.

« à durée prolongée »<sup>4</sup>. Des composants à durée prolongée peuvent répondre aux critères de révision tout en comportant des sous-composants d'une durée en service ou un nombre de cycles plus élevé qui remettent en cause leur durée de vie ou le calendrier de maintenance prévu. De tels composants risquent de ne pas pouvoir fonctionner durant la totalité de l'intervalle de révision (TBO) prévu. L'intervalle de révision prescrit pour la roue libre est de 1 800 heures; toutefois, la roue libre doit faire l'objet d'une inspection aux 800 heures.

L'hélicoptère accidenté avait fait l'objet d'une maintenance et d'une inspection de routine dans les hangars de l'exploitant situé à DeWinton (Alberta) du 2 au 5 novembre 2001. Au moment de l'accident, l'appareil avait effectué environ 16 heures de vol depuis sa plus récente inspection planifiée. L'examen des dossiers techniques n'a révélé aucun incident, ni aucune défectuosité, pouvant avoir un lien avec l'accident.

Le moteur et ses composants ont été examinés, puis le moteur a fait l'objet d'un point fixe dans une installation d'essai de moteurs approuvée. Le moteur a atteint sa pleine puissance et les niveaux de vibration ont été jugés acceptables. Les examens et les analyses consécutives à des accidents ont démontré que, de façon générale, les turbines ayant subi une défaillance en vol présentent des dégâts importants dus aux forces d'impact et qu'elles présentent généralement des niveaux de vibration élevés résultants des dégâts subis par les roulements. L'embrayage à commande centrifuge qui unit le moteur à la transmission du rotor principal a été démonté, et l'examen n'a rien révélé d'anormal.

L'ensemble constitué de la roue libre et de l'arbre d'entraînement a été démonté et examiné à l'installation régionale d'examen des épaves du BST. L'ensemble totalisait 1 090 heures depuis sa dernière révision et 1 015 heures depuis son installation sur le C-GXYM. Certains indices semblent indiquer que la roue libre a connu une défaillance. La cage qui maintient les rouleaux en place était brisée en plusieurs endroits et les rouleaux eux-mêmes présentaient des signes d'enrayage. La cage/boîtier de retenue, qui n'est normalement pas exposée à des forces de charge, présentait des signes d'usure importante. Une telle usure se produit lorsque la roue se met à tourner librement en vol normal : cette rotation libre fait que les deux arbres rotatifs de la roue libre se débrayent et s'embrayent alternativement selon les conditions de charge en vol. Les deux goupilles Nadella qui unissent les deux parties du coussinet ont été retrouvées brisées : ce bris faisait que la cage était légèrement décalée et que la tension du ressort était réduite. Les tenons du coussinet extérieur présentaient des dommages typiques d'un retrait violent ou d'une éjection (*spit-out*) des rouleaux hors de l'angle de prise, ou de levier, formé par la cannelure de l'arbre du moyeu et l'anneau.

La roue libre a également fait l'objet d'un examen au microscope électronique, à une analyse chimique et à un essai de dureté<sup>5</sup> qui ont permis d'établir que le matériau du composant était conforme aux spécifications du fabricant. Eurocopter a fait bénéficier les enquêteurs de son expertise durant les examens et a fait un rapport<sup>6</sup>. L'équipe d'enquête d'Eurocopter avait déjà

---

<sup>4</sup> Les composants « selon état » ou « à durée prolongée » satisfont aux critères de révision, mais ils sont constitués de pièces neuves et usagées. Cette définition ne vise pas à entrer en contradiction avec tout manuel autorisé, tout article du RAC ou toute publication autorisée de Transports Canada.

<sup>5</sup> Rapport de Waldron and Co. n° 01-313.

<sup>6</sup> Rapport d'examen d'Eurocopter n° STSA147/02.

travaillé sur des accidents similaires et avait fait des rapports d'enquête fonctionnels, dimensionnels et opérationnels<sup>7</sup>. La roue libre présentait des signes de faiblesse associés au transport répétitif de charges élevées. Le grand nombre de cycles de charge<sup>8</sup> associés au transport répété de charges externes lourdes a accéléré l'élimination de matériau (usure) sur les surfaces de contact soumises à des charges selon un processus de délitage (fatigue de contact des surfaces) et d'abrasion. Le matériau de ces surfaces de contact soumises à des charges est déformé durant les cycles de charge et subit avec le temps de la fatigue. Le transport répété de charges externes lourdes entraînent des variations de charges qui imposent une pression variable sur les surfaces de contact soumises à des charges. Le crochet inférieur de l'hélicoptère était équipé d'un amortisseur à gaz destiné à minimiser les forces d'impact transmises à la cellule du fait des brusques oscillations de l'élingue.

Après l'examen de la roue libre de l'hélicoptère accidenté, l'exploitant a déposé la roue libre (numéro de série C-560) d'un autre hélicoptère Lama (C-GZXX) exploité dans des conditions d'hélicoptère similaires. Cette roue libre totalisait 1 114 heures de fonctionnement depuis sa dernière révision et 387 heures depuis sa dernière inspection effectuée à la suite du heurt d'une pale du rotor principal. L'examen de cette roue libre a révélé que, bien qu'elle n'ait pas connu de problème de fonctionnement, elle présentait une usure dépassant les critères de rejet en révision qui ressemblait à l'usure observée sur la roue libre de l'hélicoptère accidenté.

Une troisième roue libre (numéro de série 3-C1622), fournie par un autre exploitant, a également été examinée. Cette roue libre totalisait 1 495 heures de fonctionnement depuis sa dernière révision et n'avait pas fait l'objet d'une inspection aux 800 heures conformément aux exigences d'Eurocopter. Elle avait également été utilisée dans des opérations de transport répété de charges externes lourdes. L'arbre de la roue libre a été mesuré, et l'usure de la cannelure s'est révélée supérieure à la tolérance admise.

Les composants de l'hélicoptère Lama n'ont pas un nombre de cycles limité, à l'exception des pales métalliques du rotor principal et de quelques composants du moteur. Eurocopter mise sur une moyenne de six cycles de charge par heure pour des pales métalliques utilisées dans le cadre d'opérations d'élingage. Les hélicoptères qui font du transport répété de charges externes lourdes peuvent effectuer jusqu'à 30 cycles par heure, et parfois même plus.

Certains hélicoptéristes misent sur une moyenne de 6 cycles par heure lorsqu'ils conçoivent les composants d'un appareil et établissent le calendrier de maintenance. La section consacrée aux limitations de navigabilité du manuel de maintenance d'Eurocopter stipule : [Traduction] « si le temps moyen de vol entre deux atterrissages est de moins de dix minutes, s'adresser au constructeur pour des instructions particulières ». L'intervalle de révision de la roue libre du Lama n'est pas fondé sur le nombre de cycles. Le temps en service est le seul paramètre utilisé par Eurocopter pour déterminer l'intervalle de révision.

---

<sup>7</sup> Eurocopter a rédigé les rapports d'enquête suivants : n° 2891, daté du 6/04/1992, n° 2126/92 daté du 30/07/1992 et n° 430/93 daté du 29/01/1993.

<sup>8</sup> Le manuel de maintenance d'Eurocopter ne traite des cycles que dans un cas bien défini, au regard des pales du rotor principal (de type métallique), et définit un cycle comme un atterrissage, et cela, que le rotor soit ou non arrêté par la suite. Dans le cadre des opérations d'hélicoptère, un cycle correspond à un cycle d'hélicoptère.

La roue libre et l'arbre d'entraînement sont lubrifiés par le circuit de lubrification principal de la transmission par l'intermédiaire de l'orifice doseur d'un injecteur en col de cygne qui dirige l'huile vers le centre de l'arbre d'entraînement afin de lubrifier les roues d'entraînement se trouvant à chaque extrémité de l'arbre ainsi que les pièces des sous-composants internes de la roue libre. La roue libre a un régime de rotation de quelque 6 000 tours par minute quand le moteur fonctionne normalement. L'huile de lubrification est soumise à une force centrifuge et la plupart des contaminants introduits ou produits dans la roue libre y demeurent prisonniers. Une telle conception ne constitue pas un circuit fermé, puisque l'huile s'égoutte vers la transmission, et elle n'assure pas l'élimination des débris d'usure générés. Eurocopter a apporté plusieurs modifications à ce dispositif et est revenu à une injection d'huile par jet. La plus récente révision mise en oeuvre portait entre autres sur l'élargissement de l'orifice du jet d'huile. Le manuel de vol du Lama d'Eurocopter comporte la liste des huiles acceptables pour la lubrification des carters de transmission principal et arrière et l'une d'elle répond à la spécification MIL.L.2105. Les renseignements fournis par l'exploitant indiquent que l'huile utilisée (Shell Spirax HD) qui est décrite comme une huile de lubrification automobile pour usage intensif, répond à la spécification américaine MIL.L.2105D.

Eurocopter a indiqué qu'il avait examiné une roue libre qui présentait des signes de faiblesse et qui provenait d'un exploitant africain, et il avait constaté que l'huile de lubrification était contaminée et que les pièces internes étaient extrêmement usées. Eurocopter a également étudié une autre défaillance de roue libre liée à un accident de Lama en Italie en octobre 1991. À la suite de ces accidents, Eurocopter a publié, le 19 août 1993, le bulletin de service SB 05-31 qui exigeait que la roue libre soit inspectée toutes les 800 heures à la recherche de trace d'usure ou de contamination, et ce jusqu'à la révision des 1 800 heures. Cette inspection a par la suite été incorporée dans la section 5.20 du manuel de maintenance sous la forme d'une inspection indépendante des composants, distincte de l'inspection de la cellule T2 (800 heures). Un avertissement qui accompagne les procédures d'inspection rappelle aux exploitants l'obligation d'effectuer cette inspection conformément à la fiche de travail n° 40-13-603. Pour effectuer cette inspection, la roue libre doit être démontée. Les techniciens sur le terrain doivent alors évaluer l'usure des pièces mobiles des sous-composants. Eurocopter ne fournit pas de critères de révision aux exploitants sur le terrain, car il réserve cette fonction au personnel de révision formé et certifié. La fiche de travail stipule que les techniciens sur le terrain doivent envoyer la roue libre à une installation de révision agréée si elle présente des traces d'usure. Des représentants d'Eurocopter et du personnel de révision d'installations de révision agréées ont indiqué qu'environ 80 % des moyeux acheminés pour l'inspection des 800 heures ou pour révision sont retirés du service parce qu'ils ne répondent pas aux critères de tolérance établis. L'examen des dossiers techniques de l'hélicoptère accidenté a révélé que la roue libre n'avait pas fait l'objet d'une telle inspection.

L'hélicoptère accidenté était équipé de pales de rotor principal en composites L.O.M (référence L3160-100, fabriquées aux États-Unis par Rotor Trends LLP (Limited Liabilities Partnership)). Les opérations d'hélicodébardage requièrent, pour être économiquement viables, des rotations rapides, et l'hélicoptère doit effectuer un nombre défini de rotations par cycle d'hélicodébardage. Lors des opérations d'hélicodébardage, il peut arriver, le rotor accélérant dans les descentes rapides suivies d'arrondis, que la roue libre débraye (se mette en roue libre) puis s'embraye. Bien que les pales de rotor principal en composites soient aérodynamiquement plus efficaces que les pales métalliques d'origine d'Eurocopter, les deux types de pale sont sujets à se mettre en autorotation. La fréquence d'apparition de ce phénomène dépend du profil de vol, de l'angle de pas, de l'altitude-densité et de la masse brute de l'appareil. Dans un tel profil (descente rapide suivie d'un arrondi), le rotor principal peut se mettre en roue libre, mais ce n'est pas

nécessairement le cas. Même une petite accentuation de l'angle de pas collectif peut, durant une descente rapide, maintenir la roue libre embrayée. De nombreux exploitants engagés dans le transport de billes de bois à l'élingue exigent, dans leurs procédures d'utilisation normalisées (SOP), un angle de pas collectif, ou un réglage du couple, minimal afin d'éviter ce phénomène de roue libre. Aucune disposition, ni aucune mention du manuel de vol ne traite de ce mode particulier de fonctionnement où, bien que le pilote n'ait pas cherché à se mettre en autorotation, la roue libre peut se débrayer en raison des forces aérodynamiques qui font tourner le rotor principal plus vite que son entraînement. Ce débrayage n'est pas nécessairement décelable ni indiqué par une « séparation des aiguilles » sur le tachymètre du moteur et du rotor principal

L'hélicoptériste Eurocopter France n'a pas certifié l'emploi de pales en composites sur les hélicoptères Lama. L'emploi de ces pales en composites sur le Lama est néanmoins approuvé par la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis et par Transports Canada en vertu, du certificat de type supplémentaire SH778GL et de l'approbation de type supplémentaire SH92-13, respectivement. En 1986, l'autorité française de certification, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), dans le cadre d'une entente réciproque avec les états participants, a autorisé l'installation et l'emploi de ces pales en France. Le supplément au manuel de vol, qui fournit au pilote des renseignements sur ces pales en composites, n'a pas été incorporé dans le manuel de vol approuvé par Transports Canada. Ce supplément rappelle à l'exploitant que les limitations de masse et de puissance stipulées dans le manuel de vol sont toujours en vigueur et qu'il incombe à l'exploitant de s'assurer que ces limitations sont respectées. Le supplément exige également qu'une affichette particulière soit apposée près du calculateur d'affichage du pas collectif sur le tableau de bord. Cette affichette vise à rappeler au pilote que des pales en composites ont été installées et qu'il faut ajouter 190 livres au calculateur d'affichage afin de déterminer le réglage du pas approprié, au moyen d'un diagramme situé sur le dessus de la console centrale. Une telle affichette n'avait pas été installée sur l'hélicoptère accidenté.

L'hélicoptère Lama n'est pas équipé d'un couplemètre ou d'un indicateur de couple. L'indicateur de pas affiche l'angle d'attaque des pales du rotor principal sélectionné par le pilote au moyen du levier de pas collectif, mais il n'affiche pas le couple de transmission. Le calculateur d'affichage du pas collectif peut être réglé à tout moment par le pilote pour tenir compte de la température extérieure de l'air, de la masse de l'hélicoptère et du réglage de pas requis pour le vol stationnaire déterminé durant la vérification de puissance. Le calculateur d'affichage du pas collectif permet de plus, en conjonction avec les diagrammes de l'hélicoptère, de déterminer le réglage de pas maximal approprié de façon à limiter la puissance appliquée aux composants de la cellule.

L'hélicoptère était équipé d'un système de pesée embarqué, avec un capteur de charge, un indicateur de charge et un enregistreur de données permettant d'informer le pilote des masses soulevées et de fournir à l'exploitant un récapitulatif des masses transportées. L'information recueillie indique qu'on avait signalé que le capteur de charge avait fonctionné de façon irrégulière durant les quelques journées qui ont précédé l'accident. Aucune donnée n'a pu être extraite du système après l'écrasement.

De façon générale, le pilote, qui effectue de l'hélicodébardage en Lama, concentre son attention à l'extérieur de l'hélicoptère pour se placer à la verticale de la charge à transporter et se fie, dans une certaine mesure, à l'indicateur de charge pour décider de la charge à transporter et

déterminer si elle peut être soulevée par l'hélicoptère. Le Lama est capable de dépasser les limitations structurales des composants de l'entraînement du groupe motopropulseur ainsi que les limitations de masse du crochet de charge.

## *Analyse*

Les dommages relevés sur l'épave sont typiques d'un impact violent avec le relief. Les pales du rotor principal ont subi des dommages typiques d'un rotor qui percute le relief à faible régime. Par ailleurs, les dommages et les faiblesses relevées sur la roue libre révèlent que cette dernière a connu une défaillance : les dommages observés ne sont pas le résultat d'un impact. Il est donc permis de conclure que le rotor principal n'était pas entraîné par le moteur au moment de l'impact.

L'hélicoptère était en vol stationnaire en air calme à environ 165 pieds agl et à une altitude-densité de plus de 6 000 pieds. Manoeuvrer hors de l'effet de sol à une telle altitude-densité, avec une masse brute aussi importante, impose une charge de couple élevée à la transmission et aux composants de l'entraînement du rotor principal. Le réglage de la puissance du moteur et de l'angle de pas des pales étant élevé, la perte d'entraînement a provoqué une baisse brutale du régime du rotor principal, et du fait de la proximité du sol, les chances de reprendre la situation en main étaient minces. Le pilote n'a pas pu rétablir le régime et n'a pu empêcher l'hélicoptère de perdre de l'altitude quand la portance générée par les pales du rotor est devenue insuffisante pour assurer la sustentation de l'appareil. Le largage d'urgence de la charge a permis d'alléger momentanément l'hélicoptère et lui a permis de reprendre de l'altitude momentanément, mais l'appareil s'est ensuite remis à descendre et a heurté le relief.

L'enquête a établi qu'il restait suffisamment de carburant au moment de l'impact pour 15 minutes de vol avant un nouveau ravitaillement et que le moteur a continué de tourner au sol après l'impact. Puisque le moteur a été capable de tourner à pleine puissance durant les essais moteur, que les niveaux de vibration étaient acceptables et que le moteur fonctionnait au sol après l'impact, il est permis de conclure que le moteur n'a pas connu de baisse de puissance durant le vol.

La roue libre présentait des signes de faiblesse associés au transport répété de charges lourdes qui impose un nombre de cycles de charge élevé de l'ordre de 30 par heure. Ce taux de cycle élevé accélère sur les surfaces de contact soumises à des charges l'usure due à la délitement et à l'abrasion. L'intervalle entre révision prévu pour la roue libre du Lama ne se fonde pas sur le nombre de cycles. Le temps en service est le seul paramètre utilisé par Eurocopter pour déterminer l'intervalle de révision. Du fait des nombreux cycles de charge et de la présence de contaminants, la roue libre, avec seulement 1 090 heures de fonctionnement depuis sa dernière révision a connu une défaillance avant son intervalle de révision prévue.

L'examen des dossiers techniques de l'hélicoptère accidenté a révélé que l'inspection aux 800 heures de la roue libre n'avait pas été effectuée, ce qui a entraîné une méconnaissance de son intégrité structurale. Cette inspection peut réduire les risques de défaillance car elle peut permettre de déceler des anomalies et, s'il y a lieu, d'envoyer la roue libre à une installation de réparation agréée par Eurocopter pour révision et d'éliminer les contaminants présents avant la remise en service.

Durant les débrayages en roue libre et les cycles de charge répétés de la roue libre, les débris générés par le processus d'usure ont joué le rôle d'abrasif, entraînant une usure accélérée de la cage / du carter, des cannelures, de l'anneau et des rouleaux. De par la conception de la roue libre, les débris métalliques étaient coincés dans la roue libre.

Les descentes rapides suivies d'arrondis peuvent entraîner une accélération du rotor et il arrive alors que la roue libre débraye (se mette en roue libre) puis embraye à nouveau. Bien que les pales de rotor principal en composites soient aérodynamiquement plus efficaces que les pales métalliques d'origine d'Eurocopter, les deux types de pale sont sujets à se mettre en autorotation. La fréquence d'apparition de ce phénomène dépend du profil de vol, de l'angle de pas, de l'altitude-densité et de la masse brute de l'appareil. On a jugé que la façon dont l'hélicoptère était exploité avait contribué au débrayage en roue libre. La roue libre a subi des embrayages fréquents et violents, ce qui accélère l'usure.

Le supplément approuvé au manuel de vol, portant sur le certificat de type supplémentaire des pales de rotor principal en composites, n'avait pas été incorporé au manuel de vol de l'hélicoptère accidenté. De plus, l'affichette requise par ledit supplément approuvé n'était pas apposée à proximité de l'indicateur de pas. Il est possible que l'exploitant n'ait pas respecté les limitations associées à l'installation des pales L.O.M. Cela peut avoir contribué à la surcharge de la roue libre.

### *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. La roue libre et l'arbre d'entraînement ont connu une défaillance. Par voie de conséquence, la transmission et les pales du rotor principal n'étaient plus entraînés par le moteur. La perte d'entraînement et le régime de vol utilisé ont fait chuter le régime du rotor si rapidement que le pilote n'a pu maîtriser cette baisse de régime et n'a pas pu empêcher l'hélicoptère de descendre et de percuter le relief.
2. La roue libre a connu une défaillance causée par l'usure des pièces internes associée au transport répété de charges lourdes et à la présence de contaminants qui étaient pris en suspension dans l'huile de lubrification entre ses pièces tournantes.
3. L'exploitant n'a pas effectué l'inspection aux 800 heures de la roue libre spécifiée dans le manuel de maintenance d'Eurocopter. Par conséquent, la contamination et l'usure excessive des pièces internes de la roue libre n'ont pas été décelées.
4. Pour déterminer l'intervalle de révision, les exploitants ne tiennent pas compte du nombre de cycles subis par le composant en service. Eurocopter établit un temps en service total pour la roue libre, et le même temps en service est applicable pour toutes les opérations. La roue libre subissait un grand nombre de cycles de charge en présence de contaminants. Elle a ainsi atteint sa limite de conception avant les 1 800 heures de temps en service et a connu une défaillance.
5. La façon dont l'hélicoptère était exploité l'exposait à des débrayages en roue libre durant les descentes rapides, ce qui a accéléré l'usure des pièces des sous-composants associée aux débrayages suivis d'embrayage.

## *Faits établis quant aux risques*

1. Les hélicoptères qui font du transport répété de charges lourdes peuvent faire jusqu'à 30 cycles par heure, parfois même plus. Lorsqu'il a conçu les composants du Lama, l'hélicoptériste misait sur une moyenne de six cycles par heure et il a sous-estimé les fréquences de maintenance pour les opérations de transport répété de charges lourdes.
2. Il est possible que l'exploitant n'ait pas respecté les limitations associées à l'installation des pales L.O.M, car le supplément approuvé au manuel de vol pour le certificat de type supplémentaire relatif aux pales de rotor principal en composites n'avait pas été incorporé dans le manuel de vol de l'hélicoptère accidenté, et l'affichette requise par ledit supplément approuvé n'était pas apposée à proximité de l'indicateur de pas. Cela peut avoir contribué à la surcharge de la roue libre.
3. Eurocopter autorise la réutilisation et la combinaison de pièces de sous-composants durant les réparations et les révisions. Les composants « selon état » ou « à durée prolongée » renferment des sous-composants qui peuvent satisfaire aux critères de révision, mais dont le temps en service ou le nombre de cycle plus élevé peut remettre en cause la durée de vie ou le calendrier de maintenance prévu.
4. L'hélicoptère était exploité de façon répétée en vol stationnaire à 165 pieds au-dessus du sol, ce qui le plaçait dans la zone « Éviter une utilisation prolongée » de la courbe vitesse/altitude. Dans cette zone, les chances de réussite d'un atterrissage d'urgence, en cas de perte de puissance du moteur, sont très minces.

## *Autres faits établis*

1. Eurocopter n'établit pas de limite de vie en service pour la roue libre. L'identification de ce composant est assurée au moyen de plaques signalétiques ou d'autocollants qui peuvent se détacher.

## *Mesures de sécurité*

À la suite de l'examen de la deuxième roue libre (numéro de série C-560), l'exploitant a réduit l'intervalle de révision du composant à 400 heures. Néanmoins, cette inspection est distincte et indépendante de l'inspection de la cellule, car la roue libre peut être installée sur différents hélicoptères ayant des calendriers d'inspection différents. Ce nouveau calendrier d'inspection n'a pas été adopté par tous les exploitants d'hélicoptères Lama 315B.

Eurocopter a publié la lettre AS 315B TELEX numéro 55 en date du 13 février 2002 afin de rappeler aux exploitants de Lama que la roue libre doit faire l'objet d'une inspection aux 800 heures, conformément aux exigences du manuel de maintenance.

Le 19 février 2002, le BST a fait parvenir à Transports Canada l'avis de sécurité A020007-1 intitulé [Traduction] Perte d'entraînement - Roue libre d'un Lama d'Eurocopter. Cet avis indique que Transports Canada devrait envisager de prendre des mesures pour s'assurer que les Lama d'Eurocopter sont exploités, inspectés et révisés de façon à tenir compte des effets négatifs que peut avoir sur la roue libre le transport répété de charges lourdes.

*Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet accident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 21 mai 2003.*