



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A22Q0142

DÉFAILLANCE D'UNE PALE DE ROTOR PRINCIPAL EN VOL

RotorWay Exec (hélicoptère de construction amateur)
Sans immatriculation
Lefebvre (Québec)
29 novembre 2022

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Reportez-vous aux Conditions d'utilisation à la fin du rapport.

Déroulement du vol

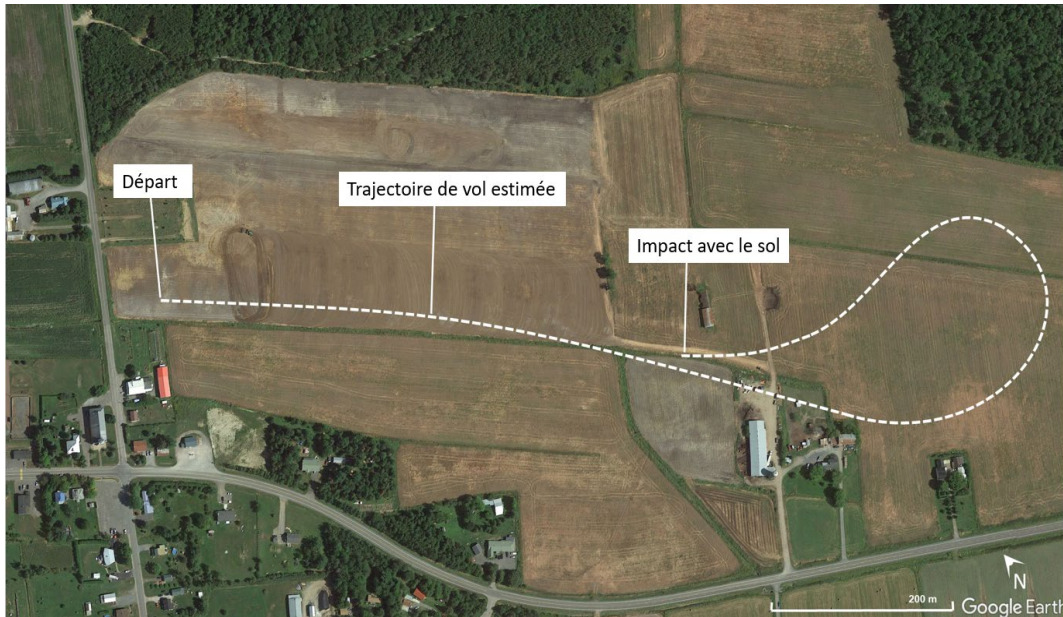
Le 29 novembre 2022, autour de 12 h¹, le propriétaire et pilote de l'hélicoptère de construction amateur RotorWay Exec (sans immatriculation, numéro de série RBB1996) a sorti l'aéronef de son garage situé dans la municipalité de Lefebvre (Québec) avec l'aide d'un membre de sa famille. Le pilote avait l'intention de faire un vol local selon les règles de vol à vue depuis le champ privé adjacent à son garage.

Le pilote, qui était seul à bord, a démarré le moteur, qu'il a laissé tourner pendant environ 10 minutes. Il s'est ensuite mis en vol stationnaire à moins de 1 m au-dessus du sol et a maintenu ce vol stationnaire environ 30 secondes. Le membre de la famille venu aider le pilote filmait l'aéronef avec son téléphone cellulaire. Le pilote a ensuite pris de l'altitude en longeant le champ vers le sud-est sur une distance estimée d'environ 0,5 milles marins (NM) avant de faire demi-tour pour revenir vers son point de départ.

¹ Les heures sont exprimées en heure normale de l'Est (temps universel coordonné moins 5 heures).

Selon l'analyse de la vidéo tournée, le vol se serait déroulé à une hauteur maximale approximative de 154 pieds au-dessus du sol. Sur le trajet du retour, le pilote a amorcé une descente, et, peu de temps après, des fragments d'aéronef ont été projetés alors que l'aéronef a commencé à se disloquer en vol et à chuter. Environ 2 minutes après le décollage, l'aéronef a percuté le sol selon un angle prononcé, terminant sa trajectoire dans le fossé délimitant un champ à environ 0,3 NM au sud-est du point de départ (figure 1).

Figure 1. Photo satellite illustrant la trajectoire estimée (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



Les services d'urgence ont été avisés de l'écrasement et les premiers répondants sont arrivés sur le lieu de l'accident peu de temps après. Le pilote a été mortellement blessé. L'aéronef a été détruit par les forces de l'impact et aucun incendie ne s'est déclaré à la suite de l'écrasement. L'aéronef n'était pas équipé d'une radiobalise de repérage d'urgence.

Renseignements météorologiques

La carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique, émise à 12 h 25 et valide à partir de 13 h, prévoyait un plafond fragmenté à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer et une visibilité de plus de 6 milles terrestres. La station météorologique de Drummondville, située à 11 NM au nord-est du point de départ, indiquait des vents de surface provenant de l'est-nord-est entre 2 et 5 mph (entre 1,7 et 4,3 nœuds).

Les conditions météorologiques étaient propices pour effectuer ce vol selon les règles de vol à vue et n'ont pas été retenues comme facteur dans cet accident.

Renseignements sur le pilote

Le pilote détenait une licence canadienne de pilote de ligne – avion et un certificat médical de catégorie 1, tous deux valides, et possédait les qualifications suivantes : monomoteurs et

multimoteurs (avions terrestres et hydravions), vol aux instruments (groupe 1) et instructeur de classe 3.

Il ne détenait pas une licence de pilote – hélicoptère de Transports Canada et n'était pas autorisé à exercer les privilèges d'une telle licence.

Rien n'indique que le pilote avait fait des vols de formation avec un instructeur de vol qualifié en tant qu'élève-pilote sur hélicoptère. Le carnet personnel du pilote n'a pu être récupéré.

Selon le paragraphe 401.03(1) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC),

[s]ous réserve du paragraphe (2), il est interdit à toute personne d'agir en qualité de membre d'équipage de conduite ou d'exercer les avantages d'un permis, d'une licence ou d'une qualification de membre d'équipage de conduite à moins que les conditions suivantes ne soient respectées :

- a) la personne est titulaire du permis, de la licence ou de la qualification pertinents;
- b) le permis, la licence ou la qualification est valide;
- c) la personne est titulaire du certificat médical pertinent;
- d) la personne est en mesure de produire le permis, la licence ou la qualification et le certificat lorsqu'elle en exerce les avantages².

Selon l'information obtenue au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux, pathologiques ou physiologiques ont nui à la performance du pilote.

Renseignements sur l'aéronef

L'aéronef, un hélicoptère RotorWay Exec bipale, à 2 places, et de construction amateur (figure 2), était équipé d'un moteur 4 cylindres RotorWay RW152 à refroidissement liquide d'une puissance de 150 hp. L'aéronef avait été immatriculé pour la première fois en mars 1996 (immatriculation C-FXOA). Le certificat d'immatriculation avait été annulé le 24 juillet 2018 par le propriétaire à l'époque. Selon les informations recueillies, le pilote de l'événement aurait acquis

l'hélicoptère à l'étude en juillet 2018, mais Transports Canada n'a reçu aucune demande d'immatriculation pour cet aéronef, qui n'était donc pas immatriculé depuis juillet 2018.

Figure 2. Aéronef de l'événement en 2011
(Source : Adam Hunt, avec autorisation)



² Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 401.03(1).

Au moment de la délivrance de l'autorité de vol, l'aéronef avait une masse à vide de 970 livres et une masse maximale au décollage de 1500 livres.

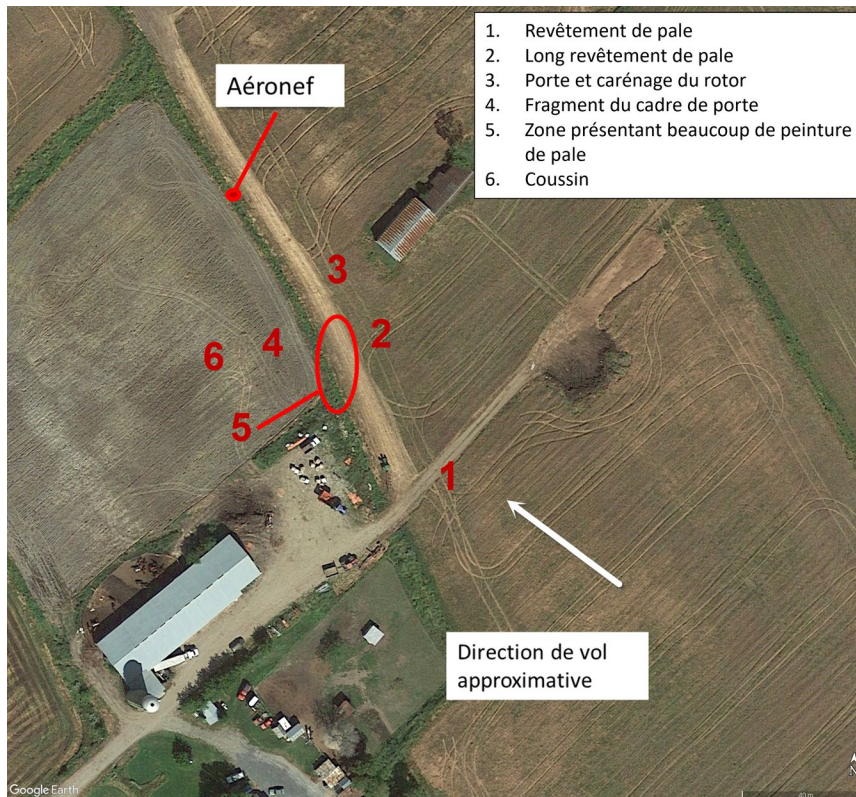
En juillet 2018, au moment où le pilote de l'événement a acheté l'aéronef, le compteur indiquait 256 heures. Au moment de l'événement à l'étude, le compteur indiquait 310,5 heures.

Site de l'accident et examen de l'épave

L'aéronef reposait sur le flanc gauche dans un fossé séparant 2 champs. La poutre de queue était fracturée, mais était toujours attachée au fuselage par le câble de commande du rotor de queue et le câblage électrique. Des marques d'impact au sol ont été observées à environ 6 m au sud-ouest du fuselage.

Une des 2 pales du rotor principal était complète et présentait des dommages correspondant à ceux provoqués par l'impact qui s'était produit. Toutefois, les revêtements en aluminium de l'intrados et de l'extrados (voir section *Pales du rotor principal*) de la 2^e pale étaient manquants. Le bord d'attaque de cette deuxième pale était toujours fixé à la tête de rotor et ne présentait pas de signes d'impact en vol avec un oiseau ou un objet. Plusieurs fragments du revêtement de pale du rotor principal ont été retrouvés au sud-ouest de l'épave, le plus éloigné étant à environ 116 m du point d'impact (figure 3). Les portes et le toit de la cabine de pilotage se sont brisés en vol et ont été retrouvés entre l'aéronef et le fragment de pale le plus éloigné.

Figure 3. Photo satellite illustrant la disposition des débris (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



La continuité des commandes de vol entre le poste de pilotage et le rotor principal a été confirmée et l'angle de pas des pales était libre de mouvement. L'angle de pas des pales de rotor de queue était aussi libre de mouvement, mais la continuité des commandes n'a pu être confirmée en raison des dommages.

Maintenance des aéronefs

Tout aéronef doit faire l'objet de maintenance conformément à un calendrier de maintenance³ qui énumère les inspections périodiques à effectuer. L'ampleur de ces inspections « doit tenir compte de l'état général et du type d'exploitation de l'aéronef⁴ ». Un calendrier de maintenance doit être approuvé par le Ministre sauf lorsque le propriétaire d'un petit aéronef n'étant pas exploité commercialement décide de se conformer aux appendices B et C de la norme 625 du RAC. Selon une des exigences stipulées à l'appendice B qui vise l'exécution des tâches de maintenance, « [l]a méthode d'inspection pour chaque article doit être conforme aux recommandations du constructeur ou aux pratiques courantes de l'industrie⁵ ».

Dans le cas d'un aéronef de la catégorie construction amateur, tout comme de la catégorie de maintenance par le propriétaire, la personne qui effectue la maintenance n'est pas tenue de détenir une licence de technicien d'entretien d'aéronefs. Cependant, selon la note d'information de la norme 571 qui vient préciser l'article 571.02 du RAC, « [t]oute personne qui exécute des travaux de maintenance sur un produit aéronautique doit respecter les recommandations du constructeur ou des techniques équivalentes⁶ ». Dans le cas d'un aéronef de la catégorie de construction amateur, des consignes de maintenance peuvent avoir été publiées par le fournisseur du kit. Ces consignes serviraient alors de base au constructeur (la personne qui construit l'aéronef) qui déciderait d'élaborer des recommandations spécifiques. La personne effectuant la maintenance est aussi tenue de respecter les exigences du RAC⁷ concernant les dossiers techniques en consignait toute action de maintenance dans ces dossiers.

Dans le cas de l'aéronef à l'étude, le constructeur n'avait pas formulé de recommandations spécifiques, toutefois, le manuel d'information sur la cellule et d'utilisation de l'aéronef du fournisseur du kit contient une liste de vérifications à effectuer avant et après chaque vol⁸ ainsi qu'une liste de type d'opérations à éviter⁹, du fait qu'elles peuvent réduire la durée de vie utile des pales. La personne effectuant l'inspection des pales doit s'assurer notamment qu'il n'y a pas

³ Ibid., article 605.86.

⁴ Ibid., Norme 625 : Normes relatives à l'équipement et à la maintenance des aéronefs, Appendice B : Calendrier de maintenance, paragraphe (5).

⁵ Ibid., Norme 625 : Normes relatives à l'équipement et à la maintenance des aéronefs, Appendice B : Calendrier de maintenance, paragraphe (4).

⁶ Ibid., Norme 571 : Maintenance, article 571.02.

⁷ Ibid., article 605.92.

⁸ RotorWay Aircraft, Manual No. E24DAAIR/B, *RotorWay Exec Airframe Information & Operations Material*, Rev. B (1^{er} juillet 1987), Asymmetrical Rotor Blade Pre-Flight Checks, p. 35.

⁹ Ibid., Types of Operation Detrimental to Blade Life, p. 33.

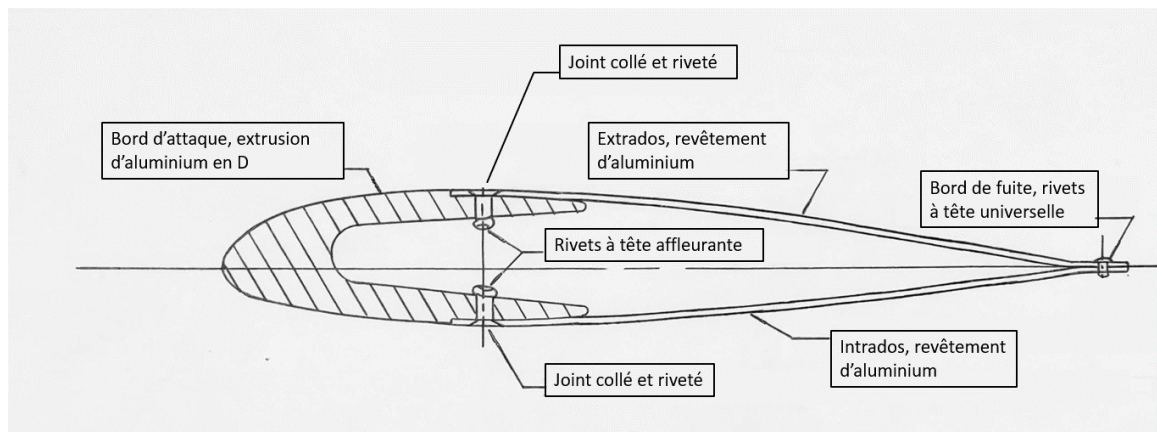
de séparation entre le bord d'attaque et les revêtements de l'intrados et de l'extrados et que les bouchons d'embout des pales sont bien sécurisés.

L'enquête n'a pas permis de déterminer si le pilote connaissait et avait suivi les instructions du fournisseur du kit ou autres exigences de maintenance.

Pales du rotor principal

Les pales au profil asymétrique du rotor principal se composent principalement de deux revêtements en aluminium collés et rivetés sur une extrusion d'aluminium en forme de D, qui forme le bord d'attaque. Les revêtements sont rivetés et collés ensemble où ils se chevauchent pour former le bord de fuite. L'intérieur des pales est creux et ne contient aucune structure en nid d'abeille ni aucun matériau de remplissage (figure 4).

Figure 4. Vue en coupe d'une pale du rotor principal (Source : RotorWay International, dessin 1 de 2 E20-1000, Main rotor blade assembly [17 juillet 1982], avec annotations du BST)



L'examen technique des fragments de la pale ainsi que la vidéo du début de la séquence de l'accident ont permis de déterminer qu'il y avait eu séparation du joint entre le bord d'attaque et le revêtement, ce qui avait entraîné la séparation complète des revêtements, puis la perte de maîtrise de l'aéronef par le pilote.

Suite à un examen approfondi, il a été déterminé que l'hélicoptère a subi une désintégration en vol de l'une des pales du rotor principal. Les revêtements eux-mêmes ne présentaient aucun dommage préexistant, bien que l'adhésif de jointure de ces revêtements présentait des zones importantes de défaillance.

Selon l'hypothèse la plus probable, les défaillances de l'adhésif, présentes à la fois sur les revêtements supérieur et inférieur près du bord d'attaque de l'extrémité du rotor, auraient permis aux revêtements de se détacher de la poutre principale sous l'effet des charges aérodynamiques élevées. Une perte ultérieure de rigidité en torsion a entraîné la déformation du longeron de la pale, provoquant ainsi le détachement complet des revêtements supérieur et inférieur.

Autres événements similaires

L'enquête a permis de découvrir 2 autres événements concernant des hélicoptères RotorWay Exec et des conditions similaires à celui de l'événement à l'étude.

Le premier s'est produit le 28 mars 1992 à Coalport, dans le comté de Shropshire au Royaume-Uni. L'enquête de l'Air Accidents Investigation Branch du Royaume-Uni a établi que le revêtement de l'intrados d'une des pales du rotor principal était délaminé et s'était détachée en vol du bord d'attaque, ce qui avait entraîné la perte de maîtrise de l'hélicoptère par le pilote. La délamination près du bout de la pale avait été causée par une infiltration d'eau. Des lacunes au niveau des inspections prévol et de l'entreposage ont été relevées¹⁰.

Le deuxième événement s'est produit le 2 octobre 1992 à Wimberley, dans l'état du Texas aux États-Unis. Selon le rapport du National Transportation Safety Board des États-Unis, la délamination du revêtement d'une des pales du rotor principal a été reconnue comme cause probable de l'accident¹¹. La cause de la délamination n'a cependant pas pu être déterminée.

Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP051/2023 – RotorWay rotor examination [Examen du rotor du RotorWay]
- LP029/2023 – Video analysis [Analyse de la vidéo]

Messages de sécurité

Les propriétaires et pilotes d'aéronefs de la catégorie de construction amateur ou de la catégorie de maintenance par le propriétaire doivent s'assurer de bien comprendre la réglementation et d'avoir en main toutes les données techniques applicables à leur aéronef, notamment celles provenant du fournisseur du kit, du constructeur, et du fabricant de composants.

Ils doivent aussi s'assurer que les travaux de maintenance, inspections comprises, et les procédures et limites d'exploitation respectent ces données techniques, et ce, afin de s'assurer que l'aéronef demeure en état de navigabilité.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 21 juin 2023. Le rapport a été officiellement publié le 29 juin 2023.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus

¹⁰ Air Accidents Investigation Branch (AAIB), Aircraft Accident Report n° 7/92 (EW/C92/3/5), *Report on the accident to RotorWay Executive, G-BMYH at Coalport, Shropshire, on 28 March 1992* (10 décembre 2014).

¹¹ National Transportation Safety Board (NTSB), Aviation Investigation Final Report n° FTW93FA002 (21 juin 1993).

sécuritaire. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 4. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au www.bst.gc.ca.

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

CONDITIONS D'UTILISATION

Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si le présent rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A22Q0142* (publié le 29 juin 2023).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741 ; 1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@bst.gc.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2023

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A22Q0142

N° de cat. TU3-10/22-0142F-PDF
ISBN 978-0-660-49126-4

Le présent rapport se trouve sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada à l'adresse www.bst.gc.ca

This report is also available in English.