

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR ÉVÉNEMENT AÉRONAUTIQUE
A96A0207

COLLISION AVEC UN RELIEF PLAT
CHRYSLER AVIATION INC.
LEARJET CORPORATION L36A N14TX
STEPHENVILLE (TERRE-NEUVE)
LE 6 DÉCEMBRE 1996

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement 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 sur un événement aéronautique

Collision avec un relief plat

Chrysler Aviation Inc.
Learjet Corporation L36A N14TX
Stephenville (Terre-Neuve)
Le 6 décembre 1996

Sommaire

Le Learjet L36A (numéro de série 033) immatriculé N14TX effectuait un vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) entre Grand Rapids (Michigan) et Stephenville (Terre-Neuve). À 2 h 16, heure normale de Terre-Neuve (HNT)¹, N14TX a été autorisé par le centre de contrôle régional (ACC) de Gander à effectuer une approche à l'aéroport de Stephenville. Le copilote a contacté la station d'information de vol (FSS) de St. John's et l'a prévenue qu'ils allaient effectuer une approche vers la piste 28. Le spécialiste de la FSS a relayé à l'avion les derniers renseignements sur les conditions météorologiques et l'état de la piste à Stephenville et il a demandé à l'équipage de prévenir la FSS de St. John's après l'atterrissage.

L'équipage de N14TX n'ayant pas fait savoir qu'il avait atterri à Stephenville, le spécialiste de la FSS de St. John's a avisé l'ACC de Gander que l'avion avait disparu, et des recherches ont été entreprises. Les premiers renseignements communiqués aux organismes chargés des recherches ne comprenaient pas la dernière position de l'avion enregistrée au radar. Environ trois heures et dix minutes après que l'avion eut été porté manquant, l'épave a été localisée dans les limites de l'aéroport, non loin de la dernière position observée au radar. L'avion avait percuté le remblai d'une route de service, à l'envers et les ailes à l'horizontale. Les deux membres d'équipage ont été tués. L'accident s'est produit durant les heures d'obscurité, vers 2 h 38 HNT.

This report is also available in English.

¹ Les heures sont exprimées en HNT (temps universel coordonné [UTC] moins 3 ½ heures), sauf indication contraire.

Autres renseignements de base

Les cadres de la compagnie avaient une très haute opinion tant du pilote que du copilote. L'examen de dossiers professionnels des membres d'équipage a permis de constater que ceux-ci possédaient les licences et les qualifications nécessaires au vol, conformément à la réglementation en vigueur. Le pilote travaillait pour le compte de la compagnie depuis plusieurs années, et il totalisait quelque 5 700 heures de vol, dont 3 000 sur Learjet. Il était également instructeur sur multimoteurs et détenait une licence de technicien d'entretien de cellules et moteurs (A&P). Quant au copilote, il totalisait environ 2 800 heures de vol, dont 400 sur Learjet, et il était lui aussi instructeur sur multimoteurs. Les deux membres d'équipage s'étaient déjà posés plusieurs fois à Stephenville.

Les conditions météorologiques en vigueur à 2 h 30 HNT à Stephenville et transmises à l'équipage de N14TX par le spécialiste de la FSS de St. John's étaient les suivantes : vent du 040 degrés magnétique à 17 noeuds; visibilité de 12 milles dans la neige légère et la poudrière basse; plafond avec ciel couvert à 4 000 pieds; température de 1 °C, point de rosée de -3 °C; calage altimétrique de 29,75. Les renseignements sur le vent ont été tirés de la dernière observation météorologique de Stephenville (2 h 30 HNT) puisque le spécialiste de la FSS de St. John's ne dispose pas des vitesse et direction réelles du vent à Stephenville. Le vent signalé à l'équipage aurait produit une composante vent arrière de 10 noeuds; en exploitation, la limite opérationnelle de vent arrière à l'atterrissage de cet avion est de 10 noeuds. Après l'accident, la vitesse du vent à Stephenville a été établie à partir de l'enregistrement sur bande graphique du vent de surface. Lorsque N14TX est arrivé au seuil de la piste 28, la direction et la vitesse du vent ont été enregistrées à 040 degrés magnétique et 20 noeuds avec des rafales à 22 noeuds, ce qui donnait une composante vent arrière de 12 noeuds environ. Pendant les essais en vue de la certification, il a été démontré que l'avion restait parfaitement maîtrisable pendant des atterrissages et des décollages par vent traversier allant jusqu'à 24,7 noeuds. L'état de la piste était le suivant à 22 h 12 HNT : une partie centrale large de 180 pieds était à 60 pour cent sèche et dégagée, à 20 pour cent recouverte de neige damée et à 20 pour cent recouverte d'une couche de neige légère de 1/8 de pouce d'épaisseur, un cordon de neige haut de 2 1/2 à 3 pieds se trouvant du côté nord, 10 pieds à l'intérieur des feux de bord de piste. À la température de -1 °C, l'indice de freinage James (JBI) était de 0,42.

L'avion possédait un enregistreur des conversations du poste de pilotage (CVR), ce qui n'était pas obligatoire en vertu des Federal Aviation Regulations (FAR) applicables à ce vol. L'enregistreur a été récupéré et expédié au laboratoire technique du BST pour y être analysé. Pour des raisons indéterminées, le canal du microphone du CVR desservant le poste de pilotage n'avait pas fonctionné, privant ainsi les enquêteurs de toutes les conversations entre les membres d'équipage. L'enregistrement du CVR a donné d'autres renseignements relatifs au vol, comme les alarmes du train d'atterrissage, le débrayage du pilote automatique, le déclenchement du ou des microphones, les messages radio et la mise en marche de l'allumage des réacteurs. L'avion ne possédait pas d'enregistreur de données de vol (FDR), ce qui n'était pas contraire à la réglementation.

La piste 28 de l'aéroport de Stephenville mesure 10 000 pieds de longueur sur 200 pieds de largeur. L'approche ILS de la piste 28 a un angle de descente non conventionnel de 4,5°, et la piste présente une pente descendante de 0,69 %. Un balisage lumineux d'aérodrome télécommandé (ARCAL) permet de faire allumer la rampe d'approche à rangée centrale, les feux de seuil et les feux de bord de piste. L'intensité lumineuse commandée par le pilote a été établie en comptant sur l'enregistrement du CVR le nombre de clics du microphone. L'ARCAL a été allumé à moyenne intensité, une fois l'avion positionné en approche à 8,4 nm du seuil de piste et à une altitude approximative de 3 200 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl). Le pilote

est passé en faible intensité à 7,3 nm avant de revenir à moyenne intensité, une fois l'avion à 6,6 nm du seuil de piste.

Une analyse de l'enregistrement des données radar de l'ACC de Gander a montré que l'avion avait effectué la procédure complète de l'approche à l'aide du système d'atterrissage aux instruments (ILS) de la piste 28, qu'il avait suivi la trajectoire d'alignement avec corrections pour tenir compte du vent traversier, puis qu'il avait dévié à gauche de la piste après en avoir franchi le seuil. L'enregistrement du CVR a permis d'établir que le pilote automatique avait été mis sur OFF au moment du virage conventionnel.

L'examen de l'épave sur les lieux de l'accident a montré que les volets étaient sortis à 20° au moment de l'impact. La compensation du stabilisateur indiquait un cabré compatible avec un réglage normal à l'atterrissage. Les tabs de compensation des ailerons et de la profondeur étaient en position neutre, les déporteurs rentrés et le train d'atterrissage escamoté. Les inverseurs de poussée des réacteurs étaient rétractés. Tous les principaux composants de l'avion ont été retrouvés sur place, et aucune défaillance mécanique n'a été constatée.

Rien n'indique que l'avion s'est posé sur la piste. Les opérations de balayage de la piste avaient recommencé à 3 h 20 HNT en prévision des prochaines arrivées normales, si bien que toute trace d'atterrissage qui aurait pu être présente sur la piste avait été enlevée. La première indication de contact avec le sol consistait en une trace laissée par la roue principale gauche; cette trace débutait dans la neige sur la gauche de la piste 28, 1 750 pieds environ au-delà du seuil de la piste, et elle se prolongeait sur 400 pieds à un cap magnétique d'environ 261°. Il s'agissait d'une légère empreinte qui n'avait donné qu'une trace au sol peu profonde; il n'y avait aucune empreinte provenant de la roue principale droite. L'analyse de cette trace et de la configuration de l'avion ont montré que ce dernier était incliné de 10° environ à gauche quand l'empreinte a été laissée au sol. Une seconde trace, longue de 200 pieds environ, débutait 3 650 pieds au-delà du seuil de la piste et à 330 pieds du bord gauche de la piste. L'examen de cette trace et de la quille du réservoir d'extrémité d'aile gauche a révélé que la trace en question avait été faite par la quille alors que l'avion était incliné à gauche de quelque 40 à 45° avec un angle de cabré compris entre 12 et 14°. Le réservoir d'extrémité d'aile gauche a percuté le sol une seconde fois à quelque 4 200 pieds du seuil de piste, l'avion incliné de 10° environ à gauche. En l'absence de toute trace de roue, il a été conclu que le train d'atterrissage était rentré. Quand ce réservoir a percuté le sol, l'aileron gauche était quasiment baissé à son maximum, et il est resté coincé dans cette position lorsque l'aile s'est déformée au moment de l'impact. L'avion s'est incliné à droite après avoir percuté le sol, puis il est passé à travers un petit bosquet d'aulnes à 4 400 pieds; les arbres se sont cassés, et des marques témoins sur l'avion indiquaient que l'appareil était légèrement incliné à droite, train rentré. L'avion a continué à s'incliner à droite et s'est écrasé à l'envers, les ailes à l'horizontale, à 5 080 pieds du seuil de piste, près du centre de l'aéroport, juste à l'est de l'intersection des pistes 28 et 20. D'après les marques laissées au sol, la direction générale suivie par l'avion était de l'ordre de 261°.

Les instruments moteur, les instruments de vol, les voyants indicateurs et d'autres composants du poste de pilotage ont été retirés des lieux et envoyés au laboratoire technique du BST pour y être examinés plus en détail. L'analyse des instruments a révélé quelques indications, marques ou réglages, à savoir : (gauche/droit) soufflante 86,5/75 %; turbine 92,6/91 %; température inter-turbines (ITT) 731/866 °C; vitesse indiquée 120/122 noeuds; rose compas 260°; indicateur de route numérique 275°; curseur de cap 285°; flèche de route 275°; curseur de vitesse 133 (V_{REF}); et réglage altitude 3100 pieds. Le voyant (vert) NAV ENG du directeur de vol était allumé, le voyant (vert) GS ENG était peut-être allumé, et le voyant indicateur de remise des gaz était éteint.

Le démontage et l'analyse des réacteurs ont été effectués dans les installations du motoriste Allied Signal à Phoenix (Arizona), sous la surveillance d'un inspecteur de la sécurité aérienne de la Federal Aviation Administration des États-Unis représentant le BST. Les dommages par corps étrangers (FOD) au niveau des aubes de soufflante et de compresseur des deux réacteurs étaient compatibles avec une rotation des soufflantes au moment de l'impact. L'étendue des débris répartis tout au long de la veine gazeuse des deux réacteurs et la présence de dépôts métalliques vaporisés dans la turbine de puissance confirment que les deux réacteurs fonctionnaient à l'impact.

Les performances de montée du Learjet L36A ont été examinées en consultation avec l'exploitant, l'avionneur et d'autres pilotes de L36A. De plus, les enquêteurs ont effectué des essais en simulateur de Learjet L36A dans des conditions similaires à celles qui existaient à Stephenville au moment de l'accident. Il a été établi que le Learjet L36A avait assez de puissance pour réussir à faire une remise des gaz dans toutes les combinaisons possibles de configuration de l'avion, sous réserve que celui-ci prenne et conserve la bonne assiette en montée. Selon la procédure de remise de gaz ou d'atterrissage interrompu utilisée par Flight Safety International (un organisme de formation des pilotes), le pilote aux commandes (PF) doit annoncer «remise des gaz, volets 20» et, en même temps, débrayer le pilote automatique en appuyant sur le bouton de remise des gaz relié au directeur de vol, établir un cabré de 9° à l'aide des barres de tendance du directeur de vol, régler la puissance selon les besoins et s'assurer que les déporteurs sont rentrés. Le pilote qui n'est pas aux commandes (PNF) effectue ou confirme le réglage des volets à 20 et annonce la direction du virage si nécessaire ainsi que le cap et l'altitude de l'approche interrompue.

En se basant sur les masses connues de l'avion, de l'équipage et du fret et sur la quantité estimée de carburant à bord, on a calculé que l'avion devait avoir une masse de 15 300 livres au moment de l'atterrissage, ce qui est la masse maximale autorisée à l'atterrissage pour cet avion. La puissance de décollage est utilisée au cours de la procédure de remise des gaz. Compte tenu des conditions au moment de l'accident, la puissance de décollage aurait dû demander un régime soufflante d'environ 93 %. Le régime soufflante indiqué à l'impact est quelque peu inférieur; toutefois, il n'a pas été possible de déterminer le réglage de puissance choisi pour la remise des gaz. La vitesse de décrochage à 15 000 livres, volets à 20° et en vol horizontal, aurait dû être d'environ 107 noeuds (vitesse indiquée ou KIAS). À partir de la masse de l'avion, V_{REF} en approche a été calculée à 127 KIAS. La V_{REF} prévue par l'équipage était de 133 KIAS, ce qui est judicieux compte tenu du vent soufflant en rafales.

Il a été conclu que le givrage, que ce soit de la cellule ou des réacteurs, n'avait joué aucun rôle dans le présent accident. Il n'y avait aucune précipitation verglaçante en surface, il n'y avait aucun givrage dans les nuages (d'après un autre pilote qui volait dans les environs à ce moment-là), et aucune indication, tant orale que tirée de l'analyse des enregistrements radar, n'a montré que le pilote éprouvait des problèmes de maîtrise de son avion.

On ne sait pas avec certitude pourquoi le pilote a choisi de se poser en vent arrière sur la piste 28 plutôt que de faire une approche directe de la piste 10 par vent de face. Apparemment, le pilote avait discuté de la piste d'atterrissage avant de quitter Grand Rapids, et il avait décidé à ce moment-là de se poser sur la piste 28. L'approche de la piste 10 se fait au-dessus de l'eau, il n'y a aucune lumière sous la trajectoire d'approche, et la piste 10 ne possède aucun système d'approche de précision, contrairement à la piste 28 qui est équipée d'un ILS.

L'ACC de Gander possède le RADEX (examen des données radar), un programme informatique qui peut présenter les données radar enregistrées. En plus de permettre l'examen des fichiers contenant des données

radar préenregistrées, le RADEX peut également présenter des données radar en temps réel. Un ordinateur au poste du gestionnaire technique de service à la salle des opérations de l'ACC de Gander présente et enregistre les données radar en temps réel. Le programme RADEX de cet ordinateur permet d'obtenir, en quelques minutes, la dernière position enregistrée au radar d'un aéronef porté manquant. Le RADEX était conçu comme outil d'essai de la Direction des services techniques, et les responsables d'exploitation qui n'avaient pas reçu la formation ni les manuels d'utilisation du RADEX n'en connaissaient pas toutes les possibilités.

L'avion était muni d'une radiobalise de repérage d'urgence (ELT); toutefois, celle-ci ne s'est pas déclenchée à l'impact. L'analyse de l'ELT a montré que les piles avaient dépassé leur date de remplacement et que leur type ne convenait pas à une utilisation dans un environnement soumis à des températures inférieures à 20 degrés Fahrenheit. Bien que, selon la FAR 91.207, une ELT ne soit pas obligatoire à bord d'un avion à turboréacteur immatriculé aux États-Unis, la présence et le bon fonctionnement d'une ELT peuvent grandement améliorer la sécurité en réduisant le temps nécessaire à localiser un aéronef accidenté.

Analyse

L'enquête n'a mis en évidence aucun élément indiquant que l'avion aurait éprouvé un ennui mécanique quelconque avant l'accident. D'après l'analyse des instruments, les résultats du démontage des réacteurs, la vitesse de l'avion pendant l'approche et les traces laissées hors de la piste, ainsi que la distance parcourue par l'appareil après le premier impact, il a été conclu que les réacteurs fonctionnaient normalement et fournissaient une puissance élevée au moment de l'impact.

Les conditions météorologiques étaient bonnes au moment de l'approche puisqu'il y avait un plafond de 4 000 pieds au-dessus du sol (agl) et une visibilité de 12 milles, et l'équipage a effectué une approche ILS normale et sans problème. Dans de telles conditions, l'équipage aurait dû être capable de se poser en toute sécurité. L'obscurité et la poudrierie basse de l'arrière droit sont les seules conditions apparentes qui auraient pu nuire aux dernières étapes du vol. Les indications du radar et des instruments montrent que l'avion était calé sur l'ILS et que le directeur de vol était en mode d'approche, bien qu'avec une part d'incertitude quant au mode de pente de descente. L'équipage n'a nullement fait mention à l'ATC de quelque problème que ce soit au niveau de l'avion; s'il n'avait pas eu la certitude de pouvoir se poser en toute sécurité, l'équipage aurait entrepris une procédure de remise des gaz pendant que l'avion était en approche de la piste. Les réglages de l'intensité lumineuse de l'ARCAL commandés par le pilote en approche finale indiquent qu'au moins un des pilotes pouvait voir le balisage lumineux à 3000 pieds agl et à 6,6 milles environ du seuil de piste et qu'il en réglait l'intensité.

L'analyse de l'enregistrement des données radar montre que l'avion, pendant son approche, est resté sur le faisceau d'alignement de piste et qu'il y a eu des corrections pour tenir compte du vent de trois-quarts arrière soufflant de la droite. La position du curseur de cap, 10° à droite de la trajectoire de rapprochement, indique également une correction pour tenir compte du vent. Quand l'avion est arrivé à proximité du seuil de piste, ses phares d'atterrissage ont dû éclairer la poudrierie basse ainsi que la neige recouvrant la majeure partie de la piste, ce qui a probablement rendu difficile de distinguer la ligne blanche d'axe de piste et, éventuellement, les feux de bord de piste. Une fois éclairée, la poudrierie basse traversant la piste depuis un angle arrière de 45° a pu donner au pilote l'illusion d'un déplacement latéral de l'avion. En l'absence de toute explication d'ordre mécanique ou aérodynamique liée à un ennui de maîtrise directionnelle de l'avion, il est fort probable qu'un déplacement des commandes de vol, ou une absence de déplacement, a permis à l'avion de dériver à gauche.

Ce phénomène pourrait s'expliquer par la volonté du pilote de rester à l'écart du cordon de neige sur le côté droit de la piste ou encore par la suppression de la correction de 10° du vent traversier en vue de l'atterrissage. La poudrière basse a pu nuire aux références du pilote par rapport aux feux de bord de piste et, quand l'avion s'est mis à dériver à gauche, dans la même direction que la poudrière basse, il se peut que le pilote ait eu du mal à détecter et à contrer le déplacement de l'avion.

Le fait de se poser dans la neige au-delà du bord gauche de la piste peut avoir surpris le pilote, ce qui aurait nui par la suite à la qualité de sa remise des gaz. Se dirigeant à gauche hors de la piste, dans l'obscurité et en l'absence de lumière au sol dans cette direction, le pilote disposait d'un horizon qui se limitait à une surface enneigée éclairée par les phares d'atterrissage de l'avion, ce qui a dû compliquer à l'extrême la possibilité de juger de l'assiette de l'avion. Pendant l'arrondi, le pilote a dû concentrer son attention sur l'environnement visuel à l'extérieur de l'avion, et il est probable que le pilote a essayé de prendre une assiette d'approche interrompue en s'aidant de références extérieures. Le fait que l'avion ait pris différents angles d'inclinaison latérale, 10° à gauche, 45° à gauche et 10° à gauche, jusqu'à ce que les ailerons finissent pas se coincer, indique que le pilote avait perdu la maîtrise de son appareil pendant la tentative de remise des gaz. Une fois les ailerons coincés, le pilote n'a plus eu aucune maîtrise sur l'inclinaison latérale de l'avion. Pour conserver une route sol presque rectiligne de 261°, il aurait fallu que le pilote s'incline d'un côté et de l'autre sur la totalité de la trajectoire. Le pilote n'a également pas conservé l'assiette en cabré nécessaire; des essais en simulateur et l'examen des performances en montée de l'avion ont montré que ce dernier se serait tenu à distance du relief si l'assiette requise avait été maintenue.

Un pilote qui entreprend une approche interrompue en se référant aux instruments du poste de pilotage devrait normalement afficher le mode de remise des gaz au directeur de vol de façon que les barres de tendance puissent commander la bonne assiette de l'avion sur l'indicateur directeur d'assiette.

Si le personnel d'exploitation de l'ACC de Gander avait su que le RADEX offrait la possibilité d'identifier rapidement la dernière position de l'avion enregistrée au radar et si ce renseignement avait été transmis aux organismes chargés des recherches, le lieu de l'écrasement de l'avion aurait pu être découvert beaucoup plus tôt.

Faits établis

1. L'équipage possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.
2. Le spécialiste de la FSS de St. John's ne disposait pas des véritables vitesse et direction du vent à Stephenville. Le vent signalé à l'équipage provenait de la dernière observation faite à Stephenville, à savoir un vent du 040 degrés magnétique à 17 noeuds, en deçà de la limite de vent arrière limite à l'atterrissage pour cet avion.
3. À Stephenville, le vent réel soufflait du 040 degrés magnétique à 20 noeuds avec des rafales à 22 noeuds, ce qui dépassait la valeur maximale de la composante de vent arrière permise à l'atterrissage.

4. Le pilote a essayé de faire une approche interrompue après que l'avion ait touché le sol couvert de neige juste à côté de la piste
5. Le pilote n'a pas mis et maintenu l'avion dans l'assiette convenable pour une approche interrompue.
6. Pendant l'approche interrompue, le pilote n'a pas utilisé le mode de remise des gaz du directeur de vol.
7. Le canal du microphone du CVR desservant le poste de pilotage n'a rien enregistré, sans que l'on sache pourquoi.
8. Les responsables d'exploitation de l'ACC de Gander ne savaient pas que le RADEX offrait la possibilité de localiser rapidement un aéronef porté manquant.
9. Tous les principaux composants de l'avion ont été retrouvés sur place, et aucune défaillance mécanique n'a été constatée.
10. L'analyse des réacteurs et des instruments a permis d'établir que les deux réacteurs tournaient à haut régime au moment de l'impact.
11. L'avion possédait une ELT, ce qui n'était pas obligatoire en vertu des FAR régissant l'avion. L'ELT ne s'est pas déclenchée à l'impact; les piles n'étaient pas du bon type et avaient dépassé leur date de remplacement.

Causes et facteurs contributifs

Peu après avoir survolé le seuil, l'avion a commencé à dériver à gauche de la piste. Le pilote ne s'est probablement pas rendu compte du mouvement jusqu'à ce que l'avion touche le sol au-delà du bord gauche de la piste. Le pilote n'a pas gardé une bonne assiette pendant la tentative de remise des gaz, et l'avion a percuté le sol.

Mesures de sécurité

La possibilité offerte par le RADEX de localiser rapidement la dernière position radar d'un aéronef manquant ou en retard a été reconnue par les autorités de NAV CANADA, et des mesures ont été prises pour que le matériel et le programme soient mis à la disposition du personnel d'exploitation de tous les ACC afin qu'il puisse s'en servir dans des circonstances identiques. NAV CANADA a dispensé aux contrôleurs des systèmes de données de tous les ACC des séances de formation portant spécifiquement sur l'utilisation du RADEX comme instrument de recherche.

À la suite de cet accident et dans un souci d'améliorer la sécurité des vols à l'aéroport de Stephenville, les autorités aéroportuaires ont entrepris des discussions avec NAV CANADA et Transports Canada afin d'obtenir un service Unicom autorisé pour l'approche (AAU) de façon à donner des renseignements opérationnels aux pilotes qui effectuent des approches aux instruments publiées dans le Canada Air Pilot (CAP). Une fois autorisé, un AAU permet d'offrir aux avions des services consultatifs d'aéroport, ce qui comprend la vitesse et la direction du vent en surface, le calage altimétrique du moment et l'état de la piste (état de la surface, présence de véhicules, etc.).

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. La publication de ce rapport a été autorisée le 17 septembre 1997 par le Bureau qui est composé du Président Benoît Bouchard et des membres Maurice Harquail, Charles Simpson et W.A. Tadros.