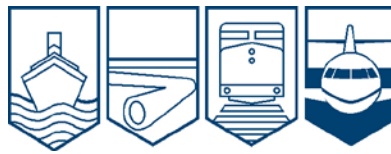


Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A10C0159



ARRÊT MOTEUR ET ATERRISSAGE FORCÉ

DU PIPER PA 31-310 NAVAJO C-FWQX
EXPLOITÉ PAR NORTHERN WATERWORKS SALES AND
CONSULTING INC.

À 30 nm À L'EST DE PICKLE LAKE (ONTARIO)

10 SEPTEMBRE 2010

Canada

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 aéronautique

Arrêt moteur et atterrissage forcé

du Piper PA 31-310 Navajo C-FWQX
exploité par Northern Waterworks Sales and
Consulting Inc.
à 30 nm à l'est de Pickle Lake (Ontario)
le 10 septembre 2010

Rapport numéro A10C0159

Synopsis

Le Piper PA 31-310 Navajo sous immatriculation privée (immatriculé C-FWQX et portant le numéro de série 31-92) exploité par Northern Waterworks Sales and Consulting Inc., effectuait selon les règles de vol à vue le trajet entre Pickle Lake et Kashechewan (Ontario) avec à son bord 1 pilote et 3 passagers. Peu après l'atteinte de l'altitude de croisière, le moteur gauche émet un bref ronflement accompagné d'une baisse des températures de l'échappement et de la culasse. Le pilote décide alors de rebrousser chemin. En route vers Pickle Lake, les performances du moteur gauche se détériorent au point où le pilote finit par couper le moteur. Ne pouvant maintenir son altitude, le pilote effectue à 12 h 15, heure avancée du Centre, un atterrissage forcé à quelque 30 milles marins à l'est de Pickle Lake. Le pilote et 1 passager sont légèrement blessés. L'avion est lourdement endommagé, mais aucun incendie ne se déclare après l'accident. La radiobalise de repérage d'urgence se déclenche à l'impact.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Déroulement du vol

L'avion en question avait quitté Red Lake à destination de Kashechewan (Ontario), suivant un itinéraire de vol de la compagnie qui prévoyait un arrêt pour ravitailler en carburant à Pickle Lake. Avant de quitter Red Lake, le pilote avait effectué un point fixe au cours duquel il avait fait des essais de magnéto des moteurs, et tout avait semblé normal. L'avion a quitté Pickle Lake à 9 h 45¹ pour parcourir les 310 milles marins (nm) le séparant de Kashechewan. L'appareil est monté à l'altitude de croisière prévue de 9500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) et s'est mis en palier. Il venait tout juste d'arriver à mi-chemin quand le moteur gauche a émis un bref ronflement, lequel a été accompagné d'indications à la baisse des températures de la culasse et des gaz d'échappement du cylindre numéro 3. Le pilote a fait demi-tour et il est descendu à 8500 pieds asl.

Pendant le trajet vers Pickle Lake, le pilote a rencontré une couche de nuages fragmentés. Il s'est mis en descente vers 4500 pieds asl, soit environ 3300 pieds au-dessus du sol (agl), afin de demeurer dans des conditions météorologiques de vol à vue. L'avion a rencontré des turbulences modérées à cette altitude.

Environ 15 minutes après les premiers signes d'ennuis de moteur, le moteur gauche a émis une série de fortes détonations et d'autres bruits. Afin d'éviter une défaillance catastrophique, le pilote a coupé le moteur en suivant les procédures d'arrêt complet d'un moteur (procédure de mise en drapeau) décrites dans le manuel d'utilisation de l'avion (POH) (voir l'annexe A). Au début, le pilote n'a pas augmenté la puissance du moteur toujours en marche qui était alors réglée à la puissance de croisière, soit une pression d'admission (PA) de 30 pouces et un régime de 2200 tours par minute (tr/min). La vitesse indiquée en nœuds (KIAS) a diminué quelque part entre 130 et 140 nœuds. Environ 15 minutes plus tard, la vitesse avait encore chuté pour atteindre approximativement 100 KIAS; l'avion perdait de l'altitude au rythme d'environ 100 pieds en quelques minutes. Le pilote a augmenté la puissance à une PA de 35 pouces et un régime de 2300 tr/min afin de conserver une vitesse de 92 KIAS. Pour pouvoir réduire le taux de descente, le pilote a fait diminuer la vitesse de manière à conserver la vitesse de pente optimale sur un seul moteur (V_{xse}) fixée à 90 KIAS. Au début, l'avion a pu maintenir son altitude, mais la vitesse a diminué à 83 KIAS et l'avion s'est de nouveau mis à descendre. La PA a été augmentée à 38 pouces mais, dans les conditions turbulentes qui régnaient, la vitesse a fluctué, la maîtrise en direction est devenue de plus en plus difficile et des tremblements annonciateurs de décrochage sont apparus à l'occasion. La perte continue d'altitude qui allait en augmentant a contraint le pilote à effectuer un atterrissage forcé. Le pilote a demandé à l'équipage d'un autre appareil de relayer ce renseignement à la station d'information de vol de Thunder Bay.

¹ Les heures sont exprimées en heure avancée du Centre (temps universel coordonné moins 5 heures).

L'avion s'est posé dans un endroit marécageux légèrement boisé situé approximativement à 30 nm à l'est de Pickle Lake. La radiobalise de repérage d'urgence (ELT) s'est déclenchée à l'impact, et le pilote a mis l'interrupteur sur ON avant de sortir de l'avion.

Le Centre conjoint de coordination de sauvetage de Trenton a coordonné l'évacuation du pilote et des passagers en faisant appel à un hélicoptère civil de Pickle Lake. Ce dernier est arrivé sur place environ une heure après l'atterrissage forcé.

Renseignements sur l'épave

L'atterrissage forcé a été effectué sans perte de maîtrise, alors que les ailes de l'avion étaient à l'horizontale. Les 2 ailes ont été endommagées à l'extérieur des fuseaux des moteurs, et l'aile gauche a été presque sectionnée au moment du contact avec les arbres. La région de la cabine est demeurée intacte. Les stabilisateurs ont tous les deux été lourdement endommagés.

Il y avait du carburant dans l'avion, et il s'en était visiblement répandu; les conduites carburant en avant des cloisons pare-feu contenaient du carburant. Les dossiers de carburant ont été examinés et des échantillons ont été obtenus auprès du fournisseur. Il n'y a pas eu de contamination du carburant en cause dans cet accident.

Conditions météorologiques

Au moment des faits, les conditions météorologiques signalées à Pickle Lake étaient les suivantes : vent soufflant du 120° à 11 nœuds avec rafales à 18 nœuds, visibilité de 15 milles terrestres, quelques nuages à 8000 pieds agl et nuages épars à 26 000 pieds agl. La température était de 15 °C, le point de rosée de 6 °C et le calage altimétrique de 29,98 pouces de mercure.

Renseignements sur le pilote

Le pilote possédait les certifications et les qualifications requises pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Il était titulaire d'une licence de pilote professionnel avec les qualifications multimoteurs et vol aux instruments. Il totalisait environ 1200 heures de vol, dont 560 sur Navajo.

La qualification de vol aux instruments du pilote avait été renouvelée en janvier 2010 sur un Beech D95 Travel Air. Cette formation avait abordé les pannes et les arrêts de moteur. La formation reçue par le pilote sur Navajo chez Northern Waterworks avait consisté à accompagner pendant 70 heures environ le pilote en chef pendant des vols opérationnels normaux. Le pilote n'avait reçu aucune formation spécifique sur les procédures d'urgence propres au Navajo de Northern Waterworks, ce qui ne contrevenait toutefois pas à la réglementation.

L'aéronef

L'avion était la propriété de Northern Waterworks Sales & Consulting Inc., qui s'en servait pour le transport de son personnel et de son matériel dans divers chantiers du nord de l'Ontario. L'avion, équipé de 2 moteurs Textron Lycoming TIO-540, avait fait l'objet d'inspections aux 100 heures, conformément à la liste de vérifications que recommande l'avionneur et qui contient les éléments énumérés aux appendices B ² et C ³ de la norme 625 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Un examen de la documentation disponible a indiqué que le Navajo était entretenu selon un calendrier qui respectait les exigences réglementaires applicables à un aéronef privé.

Le moteur droit avait été remplacé au moment de la dernière inspection et il avait accumulé environ 6 heures depuis qu'il avait été révisé. Le moteur gauche avait été révisé et installé en 2006 et il avait accumulé 1669 heures avant le vol en question.

Voici quelques renseignements sur les performances dignes de mention :

- la puissance maximale continue du TIO 540 correspond à une PA de 40,5 pouces et à un régime de 2575 tr/min;
- le moteur gauche est le moteur critique⁴;
- le plafond utile sur un seul moteur dans les conditions du moment était de 15 800 pieds asl ⁵;
- la vitesse minimale de contrôle sur un seul moteur (V_{mc}) est de 76 KIAS;
- la vitesse ascensionnelle optimale sur un seul moteur (V_{yse}) est de 94 KIAS;
- la vitesse de pente optimale sur un seul moteur (V_{xse}) est de 90 KIAS.

La masse et le centrage de l'avion se trouvaient dans les limites prescrites.

² Norme 625 du RAC, appendice B – Calendrier de maintenance.

³ Norme 625 du RAC, appendice C – Tâches hors calendrier et exigences relatives à la maintenance des aéronefs.

⁴ Une hélice fournit plus de puissance lorsqu'elle se trouve du côté descendant du disque de l'hélice et, dans le cas d'une hélice tournant dans le sens horaire, cela se traduit par un mouvement de lacet à gauche. Sur ce modèle de Navajo ayant 2 hélices tournant dans le sens horaire, la ligne de poussée du moteur droit est plus éloignée de l'axe de l'avion que celle du moteur gauche. Par conséquent, le moteur gauche est qualifié de « moteur critique », car la perte de puissance de ce moteur provoque le mouvement de lacet le plus important. À basse vitesse, ce mouvement de lacet risque de rendre la maîtrise en direction difficile lorsque le moteur droit est amené à pleine puissance.

⁵ Le plafond utile s'entend de l'altitude-pressure à laquelle l'avion est capable de monter à 50 pieds/minute, une hélice en drapeau. Le plafond utile sur un seul moteur dépend de la masse et de la température. Manuel d'utilisation de l'avion et *FAA Approved Airplane Flight Manual - Piper Navajo*, Section 5, p. 5-22.

Le moteur gauche

Le moteur gauche, son hélice ainsi qu'un indicateur de température moteur ont été récupérés à des fins d'examen et d'essais. L'inspection du moteur a révélé que les têtes de piston avaient un aspect propre et grenailé. Une bougie alimentée par la magnéto gauche et plusieurs par la magnéto droite étaient encrassées. Au début, il n'a pas été possible de faire démarrer le moteur. Malgré l'ouverture au bon moment des contacts des deux magnétos, le rotor du distributeur de la magnéto gauche tournait par intermittence et n'était pas synchronisé avec le moteur. Une fois la magnéto gauche remplacée, le moteur a fonctionné normalement à tous les régimes.

La magnéto gauche

La magnéto gauche, du modèle S6LN-1208 de Bendix, avait été révisée et posée sur le moteur gauche en 2006, et elle avait accumulé 1669 heures de fonctionnement. Depuis sa pose, la magnéto avait été inspectée aux 100 heures, comme l'exige la liste de vérifications du manuel d'entretien courant du Piper Navajo.

Le démontage de la magnéto a permis de constater que la bague en bronze moulée au centre du bloc du distributeur (réf. 10-391586) avait du jeu (voir la photo 1). L'engrenage du rotor du distributeur est supporté en porte-à-faux par l'arbre d'entraînement du rotor du distributeur, lequel tourne dans la bague du bloc du distributeur et est maintenu en place par un circlip.

Le jeu que présentait la bague du bloc du distributeur a permis à l'engrenage du rotor du distributeur de se déplacer de façon radiale (voir la photo 2). Le mauvais alignement ainsi créé s'est traduit par une prise réduite des dents de l'engrenage et par une fracture de 2 dents de l'engrenage du distributeur.

Compte tenu de la prise intermittente de l'engrenage du rotor du distributeur dans l'engrenage du pignon d'entraînement de l'arbre d'entrée, le rotor du distributeur s'est désynchronisé du moteur. Le rotor déphasé et tournant par intermittence aurait provoqué les ratés du moteur, les retours de flamme, la perte de puissance et la baisse de la température des gaz d'échappement. Ces phénomènes ont de plus été illustrés par les données trouvées dans l'indicateur de température moteur, lesquelles montraient que le moteur tournait mal sur 3 cylindres lorsqu'il a été coupé.



Photo 1. Bague du bloc du distributeur ayant du jeu retenue par une attache Tyrap



Photo 2. Rotor du distributeur déplacé

Les bulletins de service (BS) concernant les magnétos de Bendix sont publiés par Teledyne Continental Ignition Systems (TCIS). Le BS 643 de TCIS, qui en est à la révision B, semble particulièrement intéressant. Ce bulletin contient des recommandations de maintenance destinées aux magnétos de Bendix et renvoie au *Service Support Manual* (manuel de soutien en service) pour connaître les instructions détaillées. Un examen des dossiers techniques a montré que les recommandations figurant dans le BS 643B n'avaient pas été adoptées.

Vérifier que la bague du bloc du distributeur n'a pas de jeu est une tâche précise décrite dans l'inspection aux 500 heures du *Service Support Manual* et toute présence de jeu exige de remplacer le bloc du distributeur. Comme motoriste, Textron Lycoming publie des bulletins qui reproduisent essentiellement tous les BS des fabricants d'origine afin de porter ces bulletins à l'attention des propriétaires des aéronefs. En 1994, Textron Lycoming avait publié le BS 515 d'application obligatoire afin de présenter le BS 643 de TCIS. La page de couverture du BS 515 rappelle au lecteur de [Traduction] « s'assurer que cette reproduction du bulletin de service n° 643 de Teledyne Continental Motors est toujours à jour au moment de la mise en conformité ».

Les BS publiés par un fabricant d'origine sont de nature consultative. Leur respect est facultatif, à moins qu'il ne soit exigé par une consigne de navigabilité (CN)⁶.

Procédures d'urgence

À la section 3.3 du manuel d'utilisation du Navajo consacrée aux procédures d'urgence se trouvent un certain nombre de procédures applicables lorsqu'un moteur est inopérant. Le pilote doit déterminer quelle procédure utiliser en fonction de la nature de l'urgence, de la phase de vol et de la vitesse. La section 3.3 ne renferme aucune liste de vérifications traitant de l'arrêt d'un moteur par mesure de précaution.

La procédure d'arrêt complet d'un moteur (procédure de mise en drapeau) guide le pilote à travers les diverses étapes nécessaires à l'arrêt complet d'un moteur (voir l'annexe A) et on suppose qu'elle sera suivie en même temps que les procédures d'urgence appropriées. Contrairement aux autres procédures de la section 3.3 (voir l'annexe B), la procédure en question n'enjoint pas le pilote à régler la puissance du moteur encore en marche, pas plus qu'elle ne donne des réglages de puissance précis pour que l'avion puisse maintenir son altitude.

⁶ Norme 625 du RAC, appendice H - « (ii) Il arrive dans certains pays où les autorités de l'aviation civile étrangères délivrent des consignes de navigabilité distinctes des bulletins de service que les constructeurs ajoutent l'annotation « obligatoire » sur leurs bulletins de service. Cette note n'a pour but que de souligner l'opinion du constructeur et l'importance qu'il accorde à son bulletin de service et ne confère en soi aucune valeur réglementaire, même si le bulletin de service fait preuve de l'approbation de l'autorité de l'aviation civile étrangère. (Cette approbation ne touche que les aspects techniques du travail qu'implique le bulletin de service, par le fait même assurant que l'aéronef ou le composant sera conforme à son certificat de type, suite aux tâches accomplies.) Essentiellement, les bulletins de service ne sont obligatoires que s'ils sont déclarés obligatoires par une autorité de l'aviation civile étrangère ou par une consigne de navigabilité. »

Vol asymétrique

Lorsqu'un moteur d'un avion bimoteur comme le Navajo tombe en panne, la diminution des performances peut être aussi importante que 80 %⁷. Quand 1 moteur tombe en panne, non seulement l'avion perd de la puissance, mais en plus la traînée augmente considérablement à cause de la poussée asymétrique, de la position de la gouverne de direction, de l'angle d'inclinaison latérale et de la traînée du fuselage⁸. Le moteur qui fonctionne toujours doit encaisser seul toutes ces contraintes, ce qui peut lui demander 75 % ou plus de sa puissance nominale, d'où une faible poussée supplémentaire disponible pour la montée ou l'accélération. À mesure que la vitesse diminue, il faut augmenter le braquage de la gouverne de direction pour conserver la maîtrise de la direction de l'avion. L'accélération en situation de vol asymétrique exige plus de puissance, compte tenu de la traînée plus importante. Le vol asymétrique est rendu encore plus compliqué s'il est causé par la perte de puissance du moteur critique. Voici quelques facteurs qui ont une incidence sur la pilotabilité d'un avion en vol asymétrique :

- vitesse;
- puissance de sortie du moteur restant;
- le fait que le moteur défaillant soit ou non le moteur critique;
- les conditions météorologiques – la présence de turbulences risque de faire fluctuer la vitesse et de rendre ainsi difficile de conserver l'altitude et la maîtrise en direction de l'avion;
- la traînée – train, volets, etc.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP 139/2010 – *Recovery of Non-volatile Memory (NVM) JP Instruments, Model EDM-760, Temperature Indicator* (Dépouillement de la mémoire rémanente de l'indicateur de température de modèle EDM-760 de J.P. Instruments)

On peut obtenir ce rapport en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Analyse

Une défaillance de magnéto dans le moteur gauche est l'événement déclencheur du présent événement. Cette défaillance était le résultat d'un mauvais support de la bague dans le bloc du distributeur de la magnéto gauche. Le mauvais alignement du rotor du distributeur qui a suivi a fait que ce dernier s'est désynchronisé du moteur. Le moteur gauche s'est alors mis à tourner de façon irrégulière, à avoir des retours de flamme et à perdre de la puissance. L'aspect propre et grenailé des têtes de piston indique que le fonctionnement irrégulier et les retours de flamme

⁷ Manuel de formation au pilotage de la FAA, chapitre 16, Light twin performance characteristics (caractéristiques des performances des bimoteurs légers).

⁸ Commercial Aviation Safety Team, « Asymmetric Flight ». Adresse confirmée comme étant valide à la date de publication du rapport : http://www.cast-safety.org/pdf/5_asymmetric_flight.pdf.

du moteur ont probablement libéré des produits de combustion qui ont contaminé les bougies des 2 circuits magnéto. Il n'a pas été possible d'établir si le moteur aurait pu être capable de produire une puissance importante à l'aide de la seule magnéto droite.

L'avion aurait dû être capable de maintenir son altitude de croisière sur un seul moteur. La présente analyse va chercher à savoir pourquoi il n'en a pas été ainsi.

Le pilote n'avait reçu aucune formation sur les procédures d'urgence du Navajo et il ne connaissait pas bien les caractéristiques de pilotage de cet avion sur 1 seul moteur. Ce peu de connaissances pourrait expliquer pourquoi le pilote n'a pas augmenté au maximum la puissance du moteur droit lorsqu'il a coupé le gauche. La vitesse a diminué de plus en plus rapidement, ce qui a demandé un braquage correspondant plus grand de la gouverne de direction, lequel, à son tour, a fait augmenter la traînée. La vitesse a continué de diminuer, et les augmentations de puissance subséquentes du moteur en marche n'ont pas suffi pour que l'avion maintienne son altitude. L'avion est devenu difficile à maîtriser au moment de son entrée dans de l'air turbulent, et l'altitude a diminué graduellement. Finalement, le pilote n'a eu d'autre choix que d'effectuer un atterrissage forcé.

La section 3 du manuel d'utilisation du Navajo consacrée aux procédures sur 1 seul moteur, ne renferme aucune procédure traitant de l'arrêt d'un moteur par précaution. Contrairement aux procédures d'arrêt complet d'un moteur (procédure de mise en drapeau), les autres procédures de la section 3 applicables lorsqu'un moteur est inopérant donnent des conseils précis sur les réglages de la puissance moteur. Par conséquent, les pilotes qui n'utilisent que cette procédure pour effectuer un arrêt de précaution d'un moteur risquent de ne pas régler le moteur restant à une puissance suffisante pour que l'avion puisse maintenir son altitude. Les procédures d'urgence du Navajo qui se rapportent aux pannes de moteur exigent que le pilote ait une expérience pratique et une bonne connaissance des procédures pour pouvoir les utiliser efficacement s'il est obligé de voler sur 1 seul moteur.

Les magnétos de l'avion avaient été inspectées aux 100 heures, conformément aux listes de vérifications du manuel du Piper Navajo. Ces inspections sont suffisantes pour voir à la maintenance normale des magnétos à mesure que celles-ci accumulent des heures de service. Toutefois, ces inspections n'ont pas été suffisantes pour permettre de déceler une défaillance en cours d'apparition qui s'était développée sur de nombreuses heures d'utilisation. Si la recommandation d'inspection aux 500 heures du BS 643B avait été suivie en respectant les procédures du *Service Support Manual*, il aurait été possible à plusieurs reprises de déceler et de corriger le jeu de la bague du bloc de distribution avant que la magnéto tombe en panne.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Les dents du rotor du distributeur de la magnéto gauche se sont désengrenées du pignon d'entrée, ce qui a désynchronisé le rotor par rapport au moteur. C'est ce qui explique pourquoi le moteur gauche s'est alors mis à tourner de façon irrégulière, à avoir des retours de flamme et à perdre de la puissance.
2. Le pilote a coupé le moteur gauche mais n'a pas immédiatement réglé la puissance du moteur encore en marche. La vitesse a alors diminué jusqu'à un point où l'ajout de puissance a rendu la maîtrise de l'avion difficile dans les conditions turbulentes.
3. La perte graduelle d'altitude a rendu l'atterrissage forcé inévitable.

Faits établis quant aux risques

1. Si la procédure d'arrêt complet d'un moteur (procédure de mise en drapeau) de la section 3 du manuel d'utilisation du Navajo consacrée aux procédures sur un seul moteur est utilisée sans référence aux autres procédures, il se pourrait qu'une puissance suffisante ne soit pas demandée au moteur encore en marche afin que l'avion puisse poursuivre son vol.
2. Si la recommandation d'inspection aux 500 heures des magnétos qui se trouve dans le bulletin de service 643B n'est pas suivie, il se pourrait que le jeu de la bague du bloc du distributeur passe inaperçu et ne soit pas corrigé.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 4 juillet 2011.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web (www.bst-tsb.gc.ca). Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

Annexe A - Procédure d'arrêt complet d'un moteur (Procédure de mise en drapeau)

Note : Ce document est disponible en anglais seulement.

ENGINE INOPERATIVE PROCEDURES

ENGINE SECURING PROCEDURE (FEATHERING PROCEDURE)

Throttle.....	close
Propeller.....	FEATHER (1000 RPM min.)
Mixture.....	IDLE CUT-OFF
Cowl flaps.....	close
Magneto Switch.....	OFF
Emergency fuel pump.....	OFF
Fuel selector.....	OFF (detent)
Alternator CB switch.....	OFF
Prop Sync.	OFF
Electrical load.....	reduced
Crossfeed.....	considered

Annexe B – Panne de moteur en vol (au-dessus de 76 KIAS)

Note : Ce document est disponible en anglais seulement.

ENGINE INOPERATIVE PROCEDURES

ENGINE FAILURE DURING FLIGHT (Above 76 KIAS)

Inop. eng.....identify
Operative eng.....adjust as required

Before securing inop. engine:

Fuel flow.....check (if deficient – emergency fuel pump ON)
Fuel quantity.....check
Fuel Selector (inop. eng.....switch to other tank containing fuel
Oil pressure and temp.....check
Magneto switches.....check

If engine does not start, complete Engine Securing Procedure

Power (operative eng.).....as required
Mixture (operative eng.).....adjust for power
Fuel quantity (operative eng. tank).....sufficient
Emergency fuel pump (operative eng.).....as required