

<b>TABLE OF CONTENTS</b>	
<b>CONTENTS</b>	
<b>CHAPTER 5 - <u>WRECKAGE INVESTIGATION</u></b> .....	<b>5-1</b>
<u>General</u> .....	5-1
<u>Preliminary actions at crash site</u> .....	5-1
<u>Wreckage diagrams</u> .....	5-4
<u>Establishing impact angle and attitude</u> .....	5-6
<u>Establishing break-up sequence</u> .....	5-7
<u>Mathematical analysis of flight path</u> .....	5-8
<u>Ground scars as an aid to determining component performance</u> .....	5-9
<u>Impact marks on components</u> .....	5-9
<u>Fire damage and soot deposits</u> .....	5-12
<u>Reconstitution of wreckage</u> .....	5-14
<u>Helicopter investigations</u> .....	5-16
<u>Water impacts</u> .....	5-17
<u>Aircraft wreckage recovery and salvage</u> .....	5-19
Annex A - <u>Recording wreckage positions</u> .....	5A-1
Annex B - <u>Wreckage pattern schematic II</u> .....	5B-1
Annex C - <u>Government resources available for water recovery operations</u> .....	5C-1

<b>TABLE DES MATIÈRES</b>	
<b>CONTENU</b>	<b>PAGE</b>
<b>CHAPITRE 5 – <u>EXAMEN TECHNIQUE DE L'ÉPAVE</u></b> .....	<b>5-1</b>
<u>Généralités</u> .....	5-1
<u>Premières mesures à prendre sur les lieux de l'accident</u> .....	5-1
<u>Schémas de repartition de l'épave</u> .....	5-4
<u>Déterminer l'angle d'impact et l'assiette</u> .....	5-6
<u>Déterminer la sequence de rupture</u> .....	5-7
<u>Analyses mathématiques de la trajectoire de vol</u> .....	5-8
<u>Déterminer les performances des composants à l'aide des traces au sol</u> .....	5-9
<u>Marques d'impacts sur les composants</u> .....	5-9
<u>Domages causes par le feu et les dépôts de suie</u> .....	5-12
<u>Reconstitution de l'épave</u> .....	5-14
<u>Enquêtes techniques sur les accidents d'hélicoptères</u> .....	5-16
<u>Épaves immergées</u> .....	5-17
<u>Récupération de l'épave et sauvetage de l'aéronef</u> .....	5-19
Annexe A – <u>Relevé de la position des débris</u> .....	5A-1
Annexe B – <u>Schéma II de repartition de l'épave</u> .....	5B-1
Annexe C – <u>Ressources gouvernementales disponible pour les opérations de recuperation maritime</u> .....	5C-2

**CHAPTER 5****WRECKAGE INVESTIGATION****General**

1. An aircraft colliding with the ground leaves ground scars and forms a distinctive wreckage pattern. These indicate the flight path, attitude and speed before impact. Generally a deep hole in the ground indicates high angle and high speed, a shallow hole with scattered pieces around it indicates high angle, low speed. Conversely, wreckage may have been spread over many hundreds of yards, indicating either a prolonged mid-air break-up sequence or a high-speed shallow-angle ground impact. Analysing wreckage distribution and ground scars is an exercise in logical deduction.

2. An aircraft colliding with water rarely produces a distinctive pattern and the evidence must be judged in a different manner.

**Preliminary actions at crash site**

3. The following sequence of actions is recommended. Certain steps may have to be changed or deleted to preserve evidence from weather such as snow or heavy rain:

- a. Bring a crash site health protection kit, see A-GA-135-001/AA-001.

**NOTE**

Aircraft crash sites present unique hazards with which the investigator should be familiar. Personnel working in the area should have the knowledge and equipment to safely deal with the hazards, which are often specific to the type of aircraft. Some general examples are biohazards, explosives, radioactive materials and carbon fibre exposure (especially after a

**CHAPITRE 5****EXAMEN TECHNIQUE DE L'ÉPAVE****Généralités**

1. En s'écrasant au sol un aéronef laisse des traces et la dispersion des débris est caractéristique. D'après ces indices il est généralement possible de déterminer la trajectoire de vol, l'assiette et la vitesse avant l'impact. Règle générale, un trou profond au sol indique un angle prononcé et une grande vitesse; un trou peu profond entouré de pièces éparses indique un angle prononcé et une faible vitesse. Par contre, lorsque les débris sont éparpillés sur des centaines de mètres, cela indique soit une séquence prolongée de désintégration en vol, soit un impact au sol à grande vitesse sous un faible angle de descente. L'analyse de la distribution des débris et des traces au sol constitue un exercice de déduction logique.

2. Un aéronef qui s'écrase dans l'eau ne produit que rarement une configuration caractéristique, les indices doivent donc être étudiés d'une façon différente.

**Premières mesures à prendre sur les lieux de l'accident**

3. Il est conseillé de suivre l'ordre suivant des mesures, toutefois, il peut être nécessaire de modifier ou de supprimer certaines étapes, dans le but de protéger les indices contre les intempéries (neige, forte pluie, etc.) :

- a. Apporter sur les lieux une trousse de protection sanitaire, voir la publication A-GA-135-001/AA-001.

**NOTA**

Un site d'écrasement d'avion présente des dangers particuliers que les enquêteurs doivent être en mesure de reconnaître. Les dangers étant souvent spécifiques à chaque type d'aéronef, le personnel travaillant sur le site devrait les connaître et être en possession de l'équipement nécessaire afin d'y faire face en toute sécurité. Quelques exemples généraux

fire involving composite structure).

- b. Ensure that the site is guarded; ensure that explosives and pressure systems have been safetied and a record made of their "as found" condition.
- c. If a flight data, cockpit voice or maintenance date recorder was installed in the aircraft, retrieve it immediately and forward it to DFS by the fastest possible means. The recorder is housed in an airfoil. Normally, the airfoil is painted orange, and is approximately the size and shape of a pillow. The complete unit is ejected from the aircraft at impact. It is designed to land outside the impact area and to transmit a signal of 243.0 mhz. This signal should be turned off by following the instructions on the airfoil. The recorder provides a large amount of data pertaining to the last 30 minutes of the flight, including speed, "G", heading, altitude, attitude, systems functions, etc. Do not dismantle the recorder.
- d. The medical member should make arrangements with the coroner, recover the casualties and arrange for autopsies and specimen analyses if this has not already been done.
- e. Spend some time walking through the wreckage to become familiar with the crash scene. Do not step on or move anything.
- f. Arrange for photographic coverage including aerial photography if possible. See CFAO 53-2.
- g. Recover and protect any evidence likely to disappear or change with time.

toute sécurité. Quelques exemples généraux sont les dangers biologiques, les explosifs, les matières radioactives et l'exposition aux fibres de carbone (surtout après un feu de structures composites).

- b. S'assurer que l'endroit est bien surveillé; s'assurer que les circuits explosifs et sous pression ont été désamorçés et qu'on a noté l'état dans lesquels ils ont été trouvés.
- c. S'il y avait un enregistreur de vol, de conversation ou d'affichage maintenance, il faut le récupérer immédiatement et l'expédier au DSV par le moyen le plus rapide. L'enregistreur se trouve dans un conteneur profilé ayant approximativement la forme et les dimensions d'un oreiller et généralement de couleur orange. L'ensemble complet est éjecté de l'aéronef au moment de l'impact et il est conçu pour tomber à l'extérieur de la zone d'impact et pour émettre un signal sur la fréquence de 243.0 mhz. Ce signal devrait être interrompu en procédant selon les instructions inscrites sur le conteneur. Cet appareil contient une grande quantité de renseignements sur les trente dernières minutes du vol, en particulier la vitesse, l'accélération, le cap, l'altitude, l'assiette, le fonctionnement des circuits, etc. Éviter de démonter l'enregistreur.
- d. Le médecin membre de l'enquête doit prendre les dispositions nécessaires avec le coroner pour le transport des victimes, les autopsies et les analyses de prélèvements, si cela n'a pas déjà été fait.
- e. Prendre le temps de marcher sur le lieu de l'accident afin de se familiariser avec la scène. Éviter de marcher sur les débris et ne rien déplacer.
- f. Prendre des photographies de l'épave, y compris si possible, des photographies aériennes. Voir le OAF 53-2.
- g. Récupérer et protéger tout indice de nature temporaire ou fugace. Photographier les

Photograph the evidence before disturbing its position. Wreckage and ground scars should not be disturbed until all necessary evidence has been gathered; however, the wreckage should not be left longer than necessary on runways, public highways, or congested parts of a city or town. The wreckage should be carefully photographed and then moved to a place where it can be examined without haste.

- h. Walk through the wreckage again and, with the aid of competent technicians, identify all significant components. If any are missing, institute a ground search along the probable flight path.
- i. Plot a wreckage diagram.
- j. Attempt to establish the impact angle and attitude.
- k. Establish the break-up sequence and whether it occurred before or after impact (see paragraph 13 and Chapter 7).
- l. Search for signs of in-flight fire.
- m. Systematically determine aircraft configuration, speed, engine output and fuel state at impact; endeavour to establish the condition of all major flight systems; take photographs in situ of all suspected parts before disturbance.
- n. Arrange to have the wreckage brought indoors for closer analysis. Although this is normally organized and executed by a Wing Engineering Officer, impress upon him or her the importance of careful handling of the wreckage in transit. Ensure that significant parts are tagged and properly protected before handling. Once under cover, suspected areas may be rebuilt.

indices avant de les déplacer. L'épave et les traces au sol ne doivent pas être dérangés avant que tous les indices aient été recueillis; toutefois, éviter de laisser l'épave plus longtemps que nécessaire sur une piste, un chemin ou un lieu public. Photographier soigneusement l'épave et la transporter dans un endroit où elle pourra être examinée en toute quiétude.

- h. Marcher de nouveau parmi les débris et, avec l'aide de techniciens qualifiés, identifier tous les composants importants. S'il en manque certains, faire procéder à une battue le long de la trajectoire de vol probable.
- i. Tracer un schéma de répartition de l'épave;
- j. Évaluer l'angle d'impact et l'assiette.
- k. Établir la séquence de rupture et si celle-ci s'est produite avant ou après l'impact (voir le paragraphe 13 et le chapitre 7).
- l. Rechercher des traces d'incendie en vol.
- m. Déterminer systématiquement la configuration de l'aéronef, sa vitesse, la puissance des moteurs et la quantité de carburant au moment de l'impact. Tenter d'établir l'état de tous les systèmes de vol; prendre des photographies sur place des pièces suspectes avant de les déplacer.
- n. Faire transporter l'épave à l'intérieur pour procéder à des analyses plus complètes. Même si le transport de l'épave est normalement organisé et exécuté par un Officier du génie de l'Escadre, lui faire remarquer l'importance qu'il y a de manipuler l'épave avec précautions. S'assurer que les pièces importantes sont étiquetées et correctement protégées avant d'être manipulées. Une fois à l'abri, procéder à la reconstitution des composants suspects.

**CAUTION**

Extreme care should be used when removing from the wreckage a live rocket from the ejection seat. Separation of the catapult tubes can cause the rocket to ignite.

### Wreckage diagrams

4. Purpose - A wreckage diagram shall indicate the significant features in the crash site. They include ground scars, location of major components and pieces, impact direction, ground fire areas, indication of serious property damage, etc.
  
5. Reference point and base line - Normally, the point of first main ground impact is designated as the reference point. From this point a line is staked out, coinciding as closely as possible with the aircraft direction of travel at impact. Essentially this is achieved by drawing the line from the reference point to the heaviest parts of the wreckage. Note that an allowance may have to be made for post-impact motions, such as cartwheels. Normally, the base line is marked with stakes at 50-foot intervals.
  
6. Measuring wreckage positions - Once the reference point and base line have been established, plot the position of each significant piece of wreckage and impact mark. Normally the information is recorded in three columns. In the left-hand column, enter the description of the piece or mark being plotted. The second column is used to record the distance along the base line from the reference point to a spot at right angles to the item being measured; the third column is used to record the distance right or left of the base line. This method of recording greatly facilitates later construction of the actual diagram. (See Annex A to this chapter.) The use of a GPS instrument to determine the co-ordinates of each piece of wreckage can greatly simplify and speed up production of a wreckage diagram, as compared to traditional surveying methods.

**ATTENTION**

Il faut procéder avec le plus grand soin lorsqu'on enlève le moteur-fusée du siège éjectable. Démonter les éjecteurs peut en effet provoquer la mise à feu du moteur-fusée.

### Schémas de répartition de l'épave

4. Objet - Le schéma de répartition de l'épave doit mentionner tous les éléments caractéristiques du lieu de l'accident, les traces au sol, l'emplacement des composants principaux et des débris, la direction de l'impact, les zones du sol incendiées, les indications de dégâts immobiliers importants, etc.
  
5. Point de référence et ligne de base - Habituellement, on choisit comme point de référence le premier impact important de l'aéronef avec le sol. A partir de ce point, jalonner à l'aide de fanions une ligne qui suit d'aussi près que possible la direction de l'aéronef à l'impact. Cela se fait essentiellement en traçant une ligne allant du point de référence à l'endroit où se trouve l'épave principale. Prendre en considération la possibilité de mouvements après impact, tels que capotages. Normalement, la ligne de base est indiquée par des fanions placés tous les 50 pieds.
  
6. Mesure de la répartition des débris - Lorsque le point de référence et la ligne de base sont établis, tracer un diagramme pour indiquer la position de chaque composant important de l'épave et des traces d'impact. Ces renseignements sont généralement enregistrés sur trois colonnes. Dans la colonne de gauche, on inscrit la description de la pièce ou de la marque qui est repérée. Dans la colonne du centre, la distance le long de la ligne de base entre le point de référence et un point perpendiculaire à l'élément mesuré. Dans la colonne de droite, la distance à droite ou à gauche de la ligne de base. Cette méthode facilite énormément le tracé du schéma détaillé qui sera fait ultérieurement. (Voir l'annexe A de ce chapitre.) Comparé à des méthodes traditionnelles de levé de plans, l'utilisation d'un appareil GPS pour déterminer les coordonnées de chaque

traditional surveying methods.

7. Plotting the diagram - With complex diagrams, the assistance of a competent draftsman and surveyor will help. The construction engineering section can usually assist. Label all major parts or use numbers to provide a "key" table in the diagram corner. (See Annex B to this chapter.) Note that wreckage diagrams are always drawn to scale. They are not restricted in size (fold if necessary) and should include the following:

- a. orientation to magnetic north;
- b. scale;
- c. point of initial impact (reference point);
- d. location and identification of all major portions of the aircraft and a wreckage centre line indicating direction of travel in degrees magnetic. The centre line should be scaled;
- e. location of all parts before first impact;
- f. location of all egress and safety equipment;
- g. location of involved personnel;
- h. distinguishing marks on the ground, e.g., ground scars, fluid stains and fire pattern;
- i. if significant, landmarks or features of terrain, e.g., hills, fences, trees, roads, buildings, lakes, power lines, runways, and taxiways. Sometimes a terrain cross-section is required;

composant de l'épave peut grandement simplifier et accélérer la préparation du schéma de répartition de l'épave.

7. Tracé du schéma - Pour le tracé de schémas complexes, l'aide d'un géomètre peut s'avérer fort utile. La section du génie peut également venir en aide à l'enquêteur. Étiqueter tous les composants principaux ou utiliser des numéros pour chaque élément et joindre une légende au schéma. (Voir l'annexe B de ce chapitre.) Prendre note que les schémas de répartition d'épave sont toujours dessinés à l'échelle. Ils ne sont pas limités en taille, au besoin plier le dessein. Les points suivants doivent être précisés sur le schéma :

- a. l'orientation par rapport au nord magnétique;
- b. l'échelle;
- c. le point d'impact initial (point de référence);
- d. l'emplacement et l'identification de toutes les parties importantes de l'aéronef et une ligne d'axe de l'épave indiquant la direction de vol en degrés magnétiques. La ligne d'axe doit être graduée;
- e. l'emplacement de toutes les pièces situées avant le point d'impact initial;
- f. l'emplacement de tous les dispositifs d'évacuation et équipement de sécurité;
- g. l'emplacement du personnel concerné;
- h. les marques caractéristiques au sol, par exemple: les traces, les taches de liquides et les signes d'incendie;
- i. s'ils ont de l'importance pour la suite de l'enquête, indiquer les repères naturels et les particularités du terrain, par exemple: les collines, les clôtures, les arbres, les chemins, les bâtiments, les lacs, les lignes de transmission, les pistes et les voies de circulation. Parfois, une vue de la coupe

- j. witness locations; and
- k. flight path to impact.

### **Establishing impact angle and attitude**

8. General - Ground scars and broken trees, wires, etc., will assist in establishing the angle and attitude at which the aircraft contacted the ground. Wingtips, propellers, landing gear, etc., usually leave tell-tale marks or pieces of wreckage. Scratches on aircraft components often confirm direction of impact. Remember the lack of physical evidence also tells a tale - an undamaged tree on the aircraft's flight path was either flown over, or else was not on the flight path. Remember to consider the effects of gradients, type and condition of terrain when computing impact angles. When using trees cut down by the aircraft to establish angle and attitude, do not assume that standing stumps necessarily indicate the true impact point; some trees break below the impact point. To determine this, piece suspect trees together and establish the impact point. The use of an inclinometer can be of great assistance.

9. High-angle impacts - When wreckage is confined to a small circular area around a deep ground scar, it is reasonable to assume that airframe and engine(s) will most likely be completely demolished and many parts will be buried in the crater.

10. Spins - Spins leave a small concentrated pattern, but ground scars are normally short and shallow, and indicate rotary motion. One wing (towards the inside of the spin) will usually have taken most of the impact while the outside wing will show less damage and may even be thrown forward. The fuselage may be broken off in several places and the tail section thrown in the direction of rotation. The wreckage often

du terrain est demandée;

- j. l'emplacement des témoins;
- k. la trajectoire de vol qui a précédé l'impact.

### **Déterminer l'angle d'impact et l'assiette**

8. Généralités - Les traces au sol, les arbres brisés, les fils électriques coupés, etc., sont tous des indices qui permettent de déterminer l'angle et l'assiette avec lesquels l'aéronef a heurté le sol. Les bouts d'aile, les hélices, le train d'atterrissage, etc. laissent habituellement des marques révélatrices ou des parties arrachées. Les égratignures sur les composants de l'aéronef permettent souvent de confirmer la direction de l'impact. L'absence d'indices matériels peut également être révélateur, en effet, si un arbre se trouvant sur la trajectoire de vol est intact, c'est que l'aéronef est passé au-dessus ou alors c'est que l'arbre n'était pas sur la trajectoire. Pour le calcul des angles d'impact, il faut prendre en considération les effets de l'inclinaison, de la nature et de la condition du terrain. Lorsque les arbres coupés par l'aéronef sont utilisés pour déterminer l'angle d'impact et l'assiette, la hauteur de la souche n'indique pas forcément le véritable point d'impact, en effet, certains arbres brisent en-dessous du point d'impact. Pour le déterminer, rassembler les morceaux d'arbres suspects et établir le point d'impact. L'utilisation d'un inclinomètre peut être d'une grande utilité.

9. Impacts sous un angle prononcé - Lorsque les débris sont concentrés autour d'un cratère profond, il est probable que la cellule et les moteurs de l'aéronef soient complètement détruits et que de nombreuses pièces soient enfouies dans le cratère.

10. Vrilles - Les vrilles donnent une configuration réduite et concentrée, mais les traces au sol sont habituellement courtes, peu profondes et elles indiquent un mouvement de rotation. L'aile qui était à l'intérieur de la vrille est généralement la plus endommagée par l'impact alors que l'aile extérieure sera peu touchée et peut même avoir été rejetée vers l'avant. La cellule peut être brisée en plusieurs endroits et la section arrière projetée dans

resembles a complete aircraft.

11. Low-angle impacts - A long, narrow distribution of wreckage normally indicates a low-angle flight path. The longer the pattern, the higher the speed.

12. Aircraft attitude at impact - If not readily apparent from impact marks, the aircraft's attitude can often be ascertained from the wreckage distribution. If most pieces from the right side of the aircraft are in the right half of the wreckage pattern, and most pieces from the left side are in the left half, the aircraft was probably erect. This conclusion will be supported further if many parts of the aircraft's undersurface are closer to first impact than the "topside" components; however, expect the heaviest most dense pieces, e.g., batteries, radios and jacks, to travel furthest. If the aircraft had more than approximately 45° of bank at impact, it will normally "cart-wheel". A "low-wing cart-wheel" is normally indicated by pieces of the "low" wing and nose lying closest to the first impact, with pieces of the "high" wing and some tail and aft components coming later, favouring the side of the pattern opposite the "low" wing, followed by the engine and other heavy/dense components. Instruments may provide supporting information. See Chapter 8.

### **Establishing break-up sequence**

13. It is vital to establish what break-up, if any, occurred before impact. When structural collapse of an aircraft occurs in flight, the pieces which break off form a trail on the ground. These pieces lose velocity relative to their density and shape. Parts with low terminal velocities drift further with the wind than more dense parts with higher rates of descent. When an aircraft breaks up at low altitude, the wreckage may distribute itself

le sens de rotation. L'épave ressemble souvent à un aéronef complet.

11. Impacts sous un faible angle de descente - Des débris distribués sur une bande longue et étroite indiquent normalement un faible angle de descente. Plus l'éparpillement est étendu, plus la vitesse était élevée.

12. Assiette de l'aéronef à l'impact - Lorsqu'il est impossible de déterminer positivement l'assiette de l'aéronef grâce aux marques d'impact, celle-ci peut être confirmée par l'étude de la répartition des débris. Lorsque la plupart des pièces provenant du côté droit de l'aéronef se retrouvent dans la moitié droite de la zone d'impact et que la plupart des pièces du côté gauche se retrouvent du côté gauche, l'aéronef était probablement en position cabrée. Cette conclusion sera d'autant plus probante, si des pièces du dessous de l'aéronef se retrouvent plus près du point d'impact initial que les composants du dessus de l'aéronef. Toutefois, les pièces les plus lourdes et les plus denses comme par exemple les batteries, les radios et les vérins seront généralement projetées plus loin. Si l'aéronef avait une inclinaison latérale de plus de 45 degrés à l'impact, il aura normalement capoté. Un "capotage aile basse" est habituellement indiqué par les pièces de l'aile "basse" et de l'avant se retrouvant plus près du point d'impact initial alors que les pièces de l'aile "haute" et certains composants de l'empennage et de l'arrière se retrouvent plus loin et d'avantage du côté opposé à celui de l'aile "basse", plus loin, se retrouvent les moteurs et les composants lourds et denses de l'appareil. Les instruments peuvent fournir des renseignements supplémentaires. Voir le chapitre 8.

### **Déterminer la séquence de rupture**

13. Il est très important de déterminer s'il y a eu rupture avant l'impact et de quelle nature. Lorsque la cellule d'un aéronef se désintègre en vol, les pièces détachées forment une piste sur le sol. Ces pièces perdent leur vitesse proportionnellement à leur densité et à leur forme. Celles dont la vitesse finale est faible sont emportées plus loin par le vent que celles de plus grande densité dont la vitesse de descente est plus

along the ground almost in the order of detachment, although heavy parts will be thrown further than lighter pieces.

14. It is possible to estimate the approximate trajectories of pieces of wreckage from their weight, size and shape, using wind speeds at the time of break-up. If these trajectories are plotted back from their respective ground impact points, they can give a good indication of the height and location at which the aircraft broke up, and help in deciding the sequence of disintegration. See Chapter 9.

### **Mathematical analysis of flight path**

15. When all the information pertinent to the performance of the aircraft has been established, a mathematical analysis of its theoretical performance may be made. Such analysis early in the investigation may assist the investigator to determine areas for specific examination, e.g., when flight recorder information or witness information indicates a wide divergence from theoretical performance. As the investigation proceeds it may be desirable to produce further mathematical analyses incorporating all the evidence from the various sources. This study may range from direct interpretation of the data published in the relevant CFTO to sophisticated analysis by aerodynamists. Assistance in mathematical analysis is available from NRC/IAR, and requests for assistance should be co-ordinated through the convening authority to NDHQ/DFS.

### **Ground scars as an aid to determining component performance**

16. Ground scars provide useful indications of component performance, and investigators should be alert for:

rapide. Lorsqu'un aéronef se désintègre à basse altitude, les débris se distribuent habituellement au sol dans l'ordre presque parfait de leur séparation, toutefois, les pièces les plus lourdes sont projetées plus loin.

14. Il est possible de déterminer les trajectoires approximatives des débris en prenant en considération leurs poids, leur dimensions, leurs formes et la vitesse du vent au moment de la séparation. En calculant les trajectoires à partir des points d'impact respectifs, on peut arriver à déterminer - assez précisément à quelle hauteur et à quel endroit l'appareil a commencé à se désintégrer. Voir le chapitre 9.

### **Analyses mathématiques de la trajectoire de vol**

15. Une fois que tous les renseignements concernant les performances de l'aéronef ont été établis, les enquêteurs peuvent procéder à une analyse mathématique des performances théoriques. Procéder à une telle analyse au début de l'enquête permet d'orienter les enquêteurs dans le choix des domaines où il faut procéder à des examens spécifiques; par exemple, lorsque les renseignements de l'enregistreur de vol ou des témoignages divergent considérablement des performances théoriques calculées. Au fur et à mesure que l'enquête progresse, il peut être utile de procéder à de nouvelles analyses mathématiques en tenant compte des indices recueillis à partir de différentes sources. Celles-ci peuvent aller de l'interprétation directe des données publiées dans les ITFC, jusqu'aux analyses complexes basées sur l'aérodynamique. Le CNRC/IRA est en mesure d'aider au calcul des analyses mathématiques; les demandes d'aide doivent être adressées au QGDN/DSV par l'entremise de l'autorité convocateur.

### **Détermination des performances des composants à l'aide des traces au sol**

16. Les traces au sol sont révélatrices de la performance des composants, les enquêteurs doivent donc porter leur attention sur les points suivants :

- |   |  |
|---|--|
| <p>a. tell-tale imprints that show the position of a lever or control on initial ground impact - the setting in which it is finally found may be different and unreliable;</p> <p>b. spacing between propeller marks which indicate engine speed and power output at impact, see formulae provided in Chapter 7;</p> <p>c. ground marks that indicate a component was rotating at impact, e.g., rotating generators frequently leave distinctive "whirling" impact scars; and</p> <p>d. areas of fuel or fluid spills. Measurement of area and depth, followed by analyses of soil samples, can indicate both the quantity and type of spilled fluid.</p> | <p>a. les empreintes révélatrices de la position d'un levier ou d'une commande au moment du premier contact au sol et la position dans laquelle ils sont finalement trouvés peut être différente et peu sûre;</p> <p>b. l'espacement entre les marques d'hélices qui indique la vitesse du moteur et la puissance développée à l'impact, voir les formules fournies au chapitre 7;</p> <p>c. les marques au sol qui indiquent qu'un composant avait un mouvement de rotation à impact, par exemple, les générateurs en rotation laissent souvent des traces d'impact "tournoyantes" caractéristiques;</p> <p>d. les endroits couverts de carburant ou de liquide. Des mesures de la dimension et de la profondeur des flaques, suivies de l'analyse des échantillons de terre peuvent indiquer la quantité et la nature des liquides répandus.</p> |
|---|--|

### Impact marks on components

17. Marks on components can yield valuable evidence. The investigator must determine what caused the marks, how, and why, they were made; and whether they happened before, during, or after the occurrence. To conduct a proper analysis, a magnifying glass is required.

18. The marks may be deep gouges, cuts, or merely small scratches, dents or paint smears. Nevertheless, they each have a story to tell, particularly when the item that made the mark can be positively identified. Some marks can, in themselves, provide this identification without requiring that the item which caused the marks be found. Other marks require laboratory analysis. Never scrap a failed or broken component until it is certain that it can yield no further clues. Remember that clues can be determined from many sources. Some examples are as follows:

### Marques d'impact sur les composants

17. Les marques sur les composants peuvent constituer des indices précieux. L'enquêteur doit déterminer ce qui a causé les marques, la façon dont elles ont été produites, de même que la raison. Il doit également déterminer si elles ont été produites avant, pendant ou après l'accident. Il faut utiliser une loupe pour procéder à une analyse adéquate.

18. Les marques peuvent être de profondes rainures, des entailles ou simplement de petites égratignures, de bosselures ou des taches de peinture. Néanmoins, chaque marque est révélatrice, particulièrement lorsqu'il est possible d'identifier l'élément qui l'a faite. Certaines peuvent être identifiées d'elles-mêmes sans qu'il soit nécessaire de trouver l'élément qui l'a produite. D'autres, par contre, doivent être analysées au laboratoire. Éviter de jeter un composant défectueux ou brisé avant d'être certain qu'il ne peut plus fournir d'indice. Ne pas oublier que les indices peuvent être obtenus de plusieurs sources. En voici quelques exemples :

- |  |  |
|--|--|
| <p>a. Thread imprints on a compressor blade would indicate the foreign object was a bolt; if the thread pitch and diameter is measured and agrees with that of a missing bolt the source of FOD has been deduced.</p> <p>b. When the casing of a fuel tank pump or filter is found to be uniformly collapsed around all sides and the top, it usually results from fuel "sloshing" at impact.</p> <p>c. Clear, sharp-edged imprints of gear teeth on a casting indicate the gear was not rotating at impact; conversely, circular scores indicate rotation.</p> <p>d. Score-marks surrounded by powdery deposits or flakes indicate rubbing action over a period commensurate with the amount of residue.</p> <p>e. "Even" patterns of scratches may have been made by a row of fastener heads in another component. This component may be identified by matching the components. Remember that the direction of rubbing may not have been at right angles to the row of fasteners.</p> <p>f. Paint smears may be traced to the component which made them.</p> <p>g. Direction is established by noting the general direction of deformation of the damaged part; smears and scoring can also assist.</p> <p>h. Skin dents may have been caused by hail or careless aircraft ground handling.</p> <p>i. Small "pits", perhaps surrounded by molten "splatter", are usually caused by</p> | <p>a. Des empreintes de filetage trouvés sur une ailette de compresseur indiquent que le corps étranger était un boulon; si le pas et le diamètre du filetage sont mesurés et correspondent à un boulon manquant, on a alors déduit la source d'un corps étranger.</p> <p>b. Lorsque le carter d'une pompe ou celui d'un filtre d'un réservoir à carburant est effondré uniformément sur le pourtour et sur le dessus, la cause en est sans doute le "ballotement" du carburant au moment de l'impact.</p> <p>c. Des empreintes de dents d'engrenage bien nettes et aux rebords tranchants, trouvées sur un carter, indiquent que l'engrenage ne tournait pas au moment de l'impact; par contre, des rayures circulaires indiquent un mouvement de rotation.</p> <p>d. Des marques de rayures entourées de dépôts de poudre ou de lamelles indiquent qu'il y a eu frottement pendant une période proportionnelle à la quantité des résidus.</p> <p>e. Une configuration uniforme de rayures peut avoir été faite par une rangée de têtes de boulons d'un autre composant. On peut identifier ce composant en l'appareillant aux autres. Toutefois, la direction du frottement n'était peut-être pas à angles droits avec la rangée de boulons.</p> <p>f. Il est possible de retrouver le composant qui a produit des taches de peinture.</p> <p>g. On peut déterminer la direction en étudiant la direction générale de déformation des parties endommagées, les taches et les rayures.</p> <p>h. Les bosselures de revêtement peuvent avoir été causées par la grêle ou par une manutention négligente de l'aéronef au sol.</p> <p>i. Des piqûres du métal, pouvant être entourées "d'éclaboussures" fondues, ont</p> |
|--|--|

arcing of an electrical component; or, if on the aircraft external skin, by a lightning strike.

habituellement pour cause la formation d'un arc électrique; ou, si elles se trouvent sur le revêtement extérieur de l'aéronef, elles sont produites par la foudre.

- j. Marks left by one component on another could indicate the break-up sequence.
- k. Unusual deposits may require sending the component or scrapings of the deposits to a laboratory for analysis.
- l. Internal scoring of actuators and other hydraulic components is often an indication of "micro FOD".
- m. Deep marks on machined parts may mean either poor quality control during manufacture, mismatching during assembly or inadequate maintenance; alternatively, they could be due to impact.
- n. "Burrs" on nuts or bolt heads are usually indicative of poor assembly or maintenance techniques.
- o. Worn threads could be associated with excessive wear, over-torquing or re-use of a component.
- p. Blood smears and feathers may indicate a birdstrike. See the publication titled "Analysis of Birdstrike Damage to Jet Engines" and C-05-005-035/AM-000.

- j. Les marques laissées par un composant sur un autre peuvent indiquer la séquence des ruptures.
- k. S'il y a des dépôts inhabituels, il peut être nécessaire d'expédier le composant ou des gravures des dépôts au laboratoire pour fin d'analyses.
- l. Les éraflures internes des actionneurs et des autres composants hydrauliques indiquent souvent la présence de corps étrangers microscopiques.
- m. Des marques profondes sur des pièces usinées sont l'indication soit d'un mauvais contrôle de qualité à l'usine, soit d'un assemblage incorrect ou d'un entretien inadéquat; elles peuvent également être causées par l'impact.
- n. Les "bavures" sur les écrous et les têtes de boulon indiquent généralement de mauvaises techniques d'assemblage ou d'entretien.
- o. Des filetages usés peuvent être dus à un usage excessif, à une tension trop forte ou à la réutilisation d'un composant.
- p. Les taches de sang et les plumes peuvent indiquer un impact d'oiseau. Voir la publication intitulée "Analyse des dommages causés aux réacteurs par les impacts d'oiseaux" et le C-05-005-035/AM-000.

### **Fire damage and soot deposits**

19. Fire may have destroyed much of the evidence, therefore extra attention must be given to the indications that are available. It should be definitely determined if fire preceded the crash and, if so, when, where and how the fire

### **Dommmages causés par le feu et les dépôts de suie**

19. Le feu peut avoir détruit la plupart des indices, il est donc nécessaire de concentrer son attention sur les indications disponibles. Il est essentiel de déterminer si l'incendie a précédé l'écrasement et si tel est le cas; le moment, l'endroit

originated, and if it contributed to the accident.

20. Post-crash fires occur frequently. Never assume that the causes of an occurrence cannot be determined merely because fire has damaged the aircraft structure. Fuel, electrical, control, and hydraulic systems may have escaped serious damage. Valve positions can usually be ascertained, and the condition of the tanks will frequently indicate whether they contained fluid at the time of the fire. Analysis of ruptured tanks is important.

21. The source of the fire can normally be localized by finding the point indicating the greatest amount of heat. A broken or leaking fuel or oil line which causes a fire can frequently be located by careful inspection. Remember the "fire triangle"; it takes fuel, oxygen and ignition to start and maintain a fire. Oxygen (from the airstream, if not from the aircraft's oxygen system) and fuel are usually abundant so the investigation quickly narrows down to determining the ignition source.

22. "Torching" and long smoke smears in line with the airflow indicate in-flight fire. Smoke marks or soot deposits that do not continue on originally-adjacent components indicate ground or post-impact fire. Metal or paint discolouration yields evidence of fire temperature and duration, as does molten metal. See Chapter 10.

23. There are many types of causes of fire, such as:

- a. explosive conditions (including sabotage);
- b. overheated wheel-wells and brakes;
- c. cables, push-pull rods and other moving

et la façon dont il s'est produit de même que sa responsabilité dans l'accident.

20. Il est fréquent qu'un incendie se produise après un écrasement. Il ne faut jamais considérer qu'il soit impossible de déterminer la cause d'un événement simplement parce que le feu a endommagé la cellule de l'aéronef. Les circuits carburant, électrique et hydraulique de même que les commandes ne sont peut-être pas endommagés sérieusement. Il est généralement possible de déterminer la position des robinets et l'état des réservoirs permet souvent de déterminer s'ils contenaient du liquide au moment de l'incendie. L'analyse des réservoirs brisés est très importante.

21. La source de l'incendie se trouve normalement à l'endroit qui présente les signes de chaleur la plus intense. Une inspection attentive permet souvent de localiser la conduite de carburant ou d'huile brisée ou fuyant responsable de l'incendie. Considérer les trois éléments nécessaires à un incendie: le carburant, l'oxygène et une source de chaleur pour faire naître et entretenir le feu. L'oxygène (en provenance de l'écoulement d'air ou du circuit d'oxygène de l'appareil) et le carburant sont généralement abondants, la tâche de l'enquêteur est donc de déterminer la source de chaleur.

22. Les "marques de chalumeau" et les longues traces de fumée dans le sens de l'écoulement d'air indiquent un incendie en vol. Les marques de fumée ou les dépôts de suie qui ne continuent pas sur les composants qui étaient adjacents avant l'accident indiquent un incendie au sol ou postérieur à l'impact. La décoloration du métal ou de la peinture, au même titre que du métal fondu indiquent un incendie de longue durée et à haute température. Voir le chapitre 10.

23. Voici quelques-unes des nombreuses causes d'incendie :

- a. les explosions (y compris le sabotage);
- b. les logements de train et les freins surchauffés;
- c. les câbles, les tiges poussoir et autres

parts chafing fuel, hydraulic, or electrical lines;	pièces mobiles qui frottent sur des conduites de carburant, des conduites hydrauliques ou des fils électriques;
d. exhaust leakage;	d. des fuites de l'échappement;
e. improper fuel drainage;	e. une mauvaise vidange de carburant;
f. improper sealing of fuel, hydraulic, oxygen, exhaust and hot air systems;	f. un scellement inadéquat des circuits de carburant, hydraulique, d'oxygène, d'échappement et d'air chaud;
g. improper shielding of electrical conduits;	g. un mauvais isolement des fils électriques;
h. use of improper tools, inspection lights, etc.;	h. l'utilisation d'outils, de lampes d'inspection, etc., impropres;
i. improper draining and purging of tanks in ground occurrences;	i. un mauvais drainage et purge des réservoirs dans le cas des événements au sol;
j. electrical short-circuits or inadvertent application of power to the wrong system;	j. des courts-circuits électriques ou la mise sous tension par inadvertance d'un mauvais système;
k. inadequate allowance for expansion and/or flexing of plumbing, including provisions for vibration, chafing at "through" fittings, bend radii, etc.; and	k. un mauvais calcul de tolérances d'expansion et (ou) de fléchissement de tuyauteries, y compris les dispositions contre les vibrations, le frottement des montages "à travers", les coudes, etc.;
l. loose objects arcing or shorting across terminal blocks, etc.	l. les objets non fixés qui provoquent des arcs électriques ou des courts-circuits sur les planchettes de connexions, etc.
24. It is important to determine where the fire started, how it spread and how it was fed; also, whether fire extinguishers were available, and how effectively they functioned.	24. Il est important de déterminer à quel endroit le feu a commencé, comment il s'est propagé et ce qui l'a alimenté; il faut aussi déterminer si des extincteurs étaient disponibles et leur efficacité.
<b>Reconstitution of wreckage</b>	<b>Reconstitution de l'épave</b>
25. Procedure - If the wreckage is scattered, first locate, identify and plot as many sections, components, and parts as possible; then decide whether the wreckage should be reconstructed at the crash site or be moved to a hangar area.	25. Procédures - Si les débris sont éparpillés, il faut d'abord localiser, identifier et faire le relevé du plus grand nombre possible de sections, composants et pièces; il faut ensuite décider si l'épave doit être reconstruite sur place ou transportée dans un hangar.
26. Precautions - Since additional damage	26. Précautions - Les éléments de l'épave

may be done to the various wreckage pieces during transportation, ensure that there is a complete set of photographs and notes on all significant smears, scores, tears, etc. All major pieces should be suitably tagged, identified and keyed to the wreckage distribution chart. The minimum amount of disassembly should be done. If it is found necessary to dismantle bolted assemblies, record their position prior to dismantling.

27. Reconstruction - A reconstruction could vary from laying out various pieces of wreckage on a flat area to a more three-dimensional reassembly of all available pieces in a framework. The latter is most often used in collision, structural failure, in-flight fire, or explosion-type accidents. Its purpose is to identify the point of original failure by establishing the break-up sequence.

28. Examination - When examining the wreckage keep in mind that an aircraft obeys the laws of physics just as precisely during break-up as it does during normal flight. See Chapter 9.

29. Identification - The chief difficulty lies in the identification of the various wreckage pieces and, if the aircraft has broken into many small pieces, the reconstruction job may be extremely difficult. The most positive means of identification is through part numbers which are stamped on most aircraft parts which can be checked against the aircraft parts list. When part numbers are unreadable or not found, other methods should be used, e.g., colour (either paint or primer), the type of material and construction, external markings, rivet or screw size, and rivet or screw spacing. For large sections, such as wing spars or fuselage longerons, it is often possible to compare the two halves of the fracture. Do not join the fracture faces as microscopic evidence may be destroyed. Do not be confused by the torn, twisted, and buckled condition of a piece of wreckage. Search for the identifiable features referred to in this paragraph.

risquant de subir de nouveaux dégâts en cours de transport, l'enquêteur doit s'assurer qu'il dispose d'un jeu complet de photographies et de notes sur toutes les taches, rayures, déchirures et autres indices révélateurs. Toutes les pièces principales doivent être correctement étiquetées, identifiées et repérées par rapport au schéma de répartition de l'épave. Il convient d'effectuer le moins possible de démontage; lorsqu'il est nécessaire de démonter des ensembles boulonnés, il faut noter la position des pièces avant de commencer.

27. Reconstitution - Les méthodes de reconstruction diffèrent, elles vont du simple fait de disposer les diverses pièces de l'épave sur une surface plate, à une reconstitution en trois dimensions sur charpente de toutes les pièces disponibles. La dernière méthode est surtout utilisée dans les cas d'abordage, de défaillance de structure, d'incendie en vol ou d'explosion. Son but est d'identifier la défaillance initiale afin de déterminer la séquence des ruptures.

28. Examen - Lors de l'examen de l'épave d'un aéronef il faut se rappeler que ce dernier obéit aux lois de la physique aussi bien dans une désintégration qu'en cours de vol normal. Voir le chapitre 9.

29. Identification des pièces - La principale difficulté réside dans l'identification des différents morceaux de l'épave. Si l'aéronef s'est brisé en un grand nombre de petits morceaux, le travail de reconstruction peut être extrêmement difficile. La méthode la plus sûre d'identification consiste à utiliser les numéros de nomenclature qui figurent sur la plupart des pièces des aéronefs. Il est facile de vérifier ces numéros en se reportant à la nomenclature des pièces de l'aéronef. Lorsque les numéros sont indéchiffrables ou ne figurent pas, il faut utiliser des méthodes indirectes d'identification. La coloration (peinture ou apprêt), le type de matériau et de fabrication, les marques extérieures, les dimensions et l'espacement des rivets ou des vis peuvent être utilisés. Dans le cas de pièces de grandes dimensions, telles que les longerons, il est souvent possible de faire correspondre les deux moitiés de la cassure, il ne faut pas les joindre car cela pourrait détruire des indices microscopiques. L'enquêteur ne doit pas se

30. Damage continuity - When the various parts are placed in their correct relative positions, it is possible to determine the continuity or lack of continuity of damage on associated pieces. If wrinkles in one skin panel section are continuous across a tear or break into another panel, then determination of the forces causing wrinkling or deformation is most useful in differentiating between in-flight damage and impact damage, or between primary and secondary failures. The continuity of smears and scores across breaks are additional points to note during the detailed examination. In-flight fire versus ground fire can be distinguished in this same general manner. Overall failure patterns, including directional indications of the forces involved can, in almost all cases, be determined by relating the damage of individual pieces. The manner and direction in which rivets, screws, and bolts are sheared is a useful indication in this work. Notes and sketches should be made throughout this detailed examination. When it will add to the clarity of the accident report, photographs of the reconstruction, including close-ups of significant details, should be made.

31. Important indications - Look for the following during the detailed examination:

- a. fatigue cracks;
- b. mode of failure; and
- c. direction of failure, see Chapter 6.

32. Systems layout - Systems including individual cable runs with their associated bell cranks, idlers and quadrants are usually laid out separately for ease of examination and normally no attempt should be made to piece them into the structure. If significant markings are found on any of these latter items, corresponding markings can be sought out in the relative position in the wing,

laisser induire en erreur par les déchirures, les déformations ou le froissement des débris de l'épave, il doit rechercher les caractéristiques identifiables mentionnées ci-dessus.

30. Continuité des dégâts - Lorsque les pièces sont placées dans leurs positions relatives exactes, il est possible d'étudier la continuité ou la discontinuité des dégâts sur les pièces connexes. Si le froissement d'un panneau de revêtement se poursuit sur un autre panneau au-delà d'une déchirure ou d'une rupture, il est des plus utile de déterminer les contraintes qui sont la cause du froissement ou de la déformation pour juger si ce dernier s'est produit en vol ou à l'impact ou s'il s'agit d'une déformation primaire ou secondaire. Il faut également noter, lors de l'examen détaillé, la continuité des taches et des rayures de part et d'autre d'une cassure. Il faut procéder de la même manière si un incendie s'est produit en vol ou au sol. Dans la plupart des cas, il est possible de déterminer les conditions générales de la rupture et, notamment, le sens dans lequel les contraintes se sont exercées d'après les dégâts subis par les différentes pièces de l'épave. La manière et le sens dans lequel les rivets, les vis et les boulons sont cisailés constitue une indication fort utile à cette fin. Il y a lieu de prendre des notes détaillées et des croquis pendant tout cet examen. Lorsque la clarté du compte rendu sur l'accident peut y gagner, il y a lieu de prendre des photographies de l'ensemble reconstitué et des gros plans des détails importants.

31. Indications importantes - Recherchez les points suivants au cours de l'examen détaillé :

- a. ruptures de fatigue;
- b. sorte de rupture;
- c. sens de la rupture, voir le chapitre 6.

32. Agencement des tringleries de commande - Les tringleries de commande, avec leurs guignols, renvois d'angle et secteurs sont en général disposé séparément pour en faciliter l'examen et il ne faut pas habituellement tenter de les replacer à l'intérieur de la cellule. Si des traces révélatrices sont découvertes sur l'un des éléments de ces commandes, il y a lieu de rechercher les

fuselage, etc.

### Helicopter investigations

33. Mid-air break-up - Parts will be scattered over a wide area, particularly pieces of main or tail rotor blades. Heavy components such as engines or transmissions will drop at steep angles which depend on the speed of the aircraft at time of break-up. The blades will often strike other parts of the aircraft. Unfortunately, the wreckage distribution may not indicate flight pattern before break-up.

34. Low-speed impact - The low-forward-speed helicopter accident will not leave a wreckage pattern as such. With the exception of rotor blades the wreckage will tend to be concentrated at the impact point.

35. Low level, low angle. Wreckage pattern will be short and narrow with the exception of rotor blades.

36. Loss of control. Rotary-wing aircraft do not strike the ground in any consistent manner in this type of accident.

37. Rotor blades:

- a. It may be possible to determine if the rotor blades were developing normal RPM prior to the blades hitting the ground. Particular attention should be paid to ground scars and efforts should be directed toward preservation of ground scars.
- b. Main rotor blades often strike the fuselage or tail boom. Blade strikes can often be verified by checking paint marks for colour matching. Tail rotor strikes under power are more difficult to verify because the higher RPM will cause blade failure.

traces correspondantes dans la partie correspondante de l'aile, du fuselage, etc.

### Enquêtes techniques sur les accidents d'hélicoptères

33. Désintégration en vol - Les pièces sont éparpillées sur une grande surface, particulièrement les morceaux des pales du rotor principal ou du rotor arrière. Les composants plus lourds tels que les moteurs ou les boîtes de vitesse tombent au sol sous des angles prononcés qui dépendent de la vitesse de l'appareil au moment de la rupture. Il est fréquent que les pales heurtent d'autres parties de l'hélicoptère. Malheureusement, il est probable que la répartition des débris ne fournisse pas d'indication sur la trajectoire de vol avant la rupture.

34. Impact à faible vitesse de translation - La répartition des débris pour les accidents d'hélicoptère se produisant à faible vitesse de translation n'est pas caractéristique de ce phénomène. À l'exception des pales de rotor, les débris sont plutôt concentrés autour du point d'impact.

35. Basse altitude, angle faible - Les débris seront dispersés sur une surface restreinte et étroite à l'exception des pales de rotor.

36. Perte de maîtrise - Les appareils à voilure tournante ne heurtent pas le sol selon un modèle précis dans ce genre d'accident.

37. Pales de rotor :

- a. Il est parfois possible de déterminer si les pales de rotor tournaient à un régime normal avant de heurter le sol. Il faut porter une attention particulière aux traces sur le sol et prendre les dispositions nécessaires pour les protéger.
- b. Il est fréquent que les pales du rotor principal heurtent le fuselage ou la poutre de queue. Les marques de pales peuvent souvent être confirmées en comparant la couleur des marques de peinture. Il est plus difficile de vérifier les coups de pale

du rotor de queue produits alors que le moteur tournait car ces dernières se désintègrent à haut régime.

- |  |  |
|--|--|
| <p>c. Attachment areas of rotor blades (main and tail) should be checked carefully for continuity, fatigue, and security.</p> <p>d. If power was being applied to the tail rotor when it struck the ground, torsional twisting in the power train should be evident.</p> <p>e. All portions of the rotors should be accounted for. This may require an extensive search; pieces, particularly those of the main rotors, can travel great distances after impact.</p> <p>f. Blade strikes in trees will be readily apparent. Rotor blades can cut down trees 6 to 8 inches in diameter.</p> | <p>c. Les points de fixation des pales de rotor (principal et arrière) doivent être examinés soigneusement en insistant sur la continuité, la fatigue et la fixation.</p> <p>d. Si le pilote a augmenté la vitesse du rotor de queue au moment où il a heurté le sol, il est probable que les axes de transmission seront tordus.</p> <p>e. Tous les morceaux des rotors doivent être retrouvés, même si cela requiert de longues recherches. Les pièces, particulièrement celles du rotor principal, peuvent être projetées à de grandes distances après l'impact.</p> <p>f. Les coups de pales sont généralement très visibles sur les arbres. Celles-ci peuvent couper des arbres de six à huit pouces de diamètre.</p> |
|--|--|

### Water impacts

38. Locating Wreckage - When an aircraft crashes into water the first problem is locating the wreckage. Tides, currents, waves, bottom topography, etc., will affect the site slightly but, as a general rule, heavier parts such as engines will sink straight down. Aerodynamic surfaces and small, light structures will tend to drift more than heavier pieces, and the former may be held suspended by wave action for some distance. Fuel and oil patches will assist in locating the wreckage and, in some cases, fuel and oil may be seen rising to the surface after which the globules will break and spread very rapidly to form a large "slick". Marker buoys should be positioned immediately after the wreckage has been located.

39. Wreckage pattern - Submerged wreckage patterns do not always provide reliable information regarding impact angle, speed, attitude and break-

### Épaves immergées

38. Localiser l'épave - Le premier problème qui se pose lorsqu'un aéronef tombe à l'eau est de repérer l'épave. Les marées, les courants, les vagues, la topographie du fond, etc., influencent légèrement la dispersion des débris mais en règle générale, les composants les plus lourds, comme les moteurs, coulent directement. Les débris de formes aérodynamiques et les composants petits et légers ont tendance à dériver davantage que les pièces plus lourdes et les premiers peuvent être transportés sur une certaine distance par l'action des vagues. Les flaques de carburant et d'huile facilitent le repérage de l'épave. Parfois, on peut apercevoir le carburant et l'huile s'élever vers la surface où les gouttelettes se brisent et se répandent très rapidement pour former une large nappe. Aussitôt que l'épave est repéré, il faut en marquer l'endroit à l'aide de balises flottantes.

39. Répartition des débris - La répartition des débris sous l'eau ne fournit pas toujours des renseignements fiables pour ce qui est de l'angle

up sequence since they are affected by tides and currents. A low-angle impact which strews wreckage in a line across the bottom is a possible exception; however, this type of pattern could also develop from airborne break-up or from strong water currents.

40. Impact - If impact speed is high, the disintegration and dispersal of smaller pieces will be just as complete as in a ground impact. Normally, soot and smoke patterns from airborne fire will remain but they may be somewhat fainter. The impact may cause a fire, normally of less intensity and duration than a ground impact fire and will be indicated by scorching of debris that remains on the surface. The most reliable indication of impact angle, speed, and attitude will probably be the flight instruments which, in some types of aircraft, may be sufficiently protected to be readable and yet subjected to enough "G" to give accurate clues. This will also be true of other instruments and lights which will assist in determining engine performance and aircraft system serviceability. Recovery of smaller pieces, such as instruments, will prove exceedingly difficult in deep water or in deep concentrations of silt. Water impact damage can be misleading, e.g., water funnelled down a jet engine intake at impact may split the compressor casing and cause blade interference; normally, this condition indicates compressor failure. It may also cause severe cracking of casings in piston engines and, if impact is sufficiently severe, it may cause propellers to wrap around engines.

41. Corrosion - Corrosion begins the moment the aircraft enters the water. It will progress quite rapidly after recovery and exposure to air, particularly if the aircraft has been in salt water. Salt water corrosion can be highly misleading as it may give false signs of heat or intense fire. The aircraft must, in these cases, be flushed with fresh water immediately after recovery. Some metals

d'impact, de la vitesse, de l'assiette et de la séquence de rupture, car les marées et courants ont pu les déplacer. L'impact à faible angle est peut-être une exception; les débris sont alors éparpillés sur une ligne au fond, toutefois, une rupture en vol peut produire une même distribution, qui peut être également l'œuvre de forts courants marins.

40. Impact - Lorsque l'impact se produit à grande vitesse, la désintégration et la dispersion des petites pièces sont comparables à ceux d'un impact sur le sol. Normalement, les dépôts de suie et les traces de fumée d'un incendie en vol persistent, bien qu'ils puissent être un peu effacés. L'impact peut provoquer un incendie qui sera normalement d'intensité et de durée moins longue qu'un incendie résultant d'un impact au sol et qui ne sera indiqué que par les débris flottant en surface. La source la plus sûre de renseignements sur l'angle d'impact, la vitesse et l'assiette est sans doute les instruments de vol qui, dans certains types d'aéronef, sont suffisamment protégés pour demeurer lisibles tout en étant soumis à une accélération suffisante pour donner des indications précises. Cela est également vrai pour d'autres instruments et indicateurs qui permettent de déterminer les performances du moteur et le fonctionnement des circuits de l'aéronef. La récupération des petites pièces, tels que les instruments, est très difficile en eau profonde ou lorsqu'il y a beaucoup de vase. Les dommages causés par l'impact sur l'eau peuvent induire en erreur, par exemple: l'eau qui est projeté dans l'entrée d'un réacteur au moment de l'impact peut provoquer la séparation de l'enveloppe du compresseur et l'interaction mutuelle des pales, phénomène normalement attribué à une panne de compresseur; dans le cas des moteurs à piston, l'impact peut criquer sérieusement le carter et s'il est suffisamment fort, les hélices risquent de s'enrouler autour des moteurs.

41. Corrosion - La corrosion commence aussitôt que l'aéronef pénètre dans l'eau. Le phénomène est très rapide et commence dès la récupération et l'exposition à l'air des pièces, particulièrement si elles étaient exposées à l'eau salée. La corrosion par l'eau salée est très déroutante et peut donner des fausses indications de chaleur ou de feu intense. Dans ces cas là,

will corrode to a lacy, white-ash appearance which is normal for intense fire while others will have colour patterns similar to metal tempered by high heat.

l'épave doit être lavée à l'eau douce dès qu'elle est récupérée. Sous l'effet de la corrosion certains métaux prennent une couleur légèrement blanc-cendré qui indique normalement un feu intense, alors que d'autres prennent une coloration rappelant celles des métaux soumis à de hautes températures.

### **Wreckage recovery and aircraft salvage**

### **Récupération de l'épave et sauvetage de l'aéronef**

#### 42. Definitions:

- a. Wreckage recovery means the retrieval of an aircraft or portions thereof from either land or water for the purpose of a flight safety investigation.
- b. Aircraft salvage means the retrieval of an aircraft or portions thereof for the purpose of repair or disposal. Aircraft salvage may not take place until the aircraft has been released from the investigation by DFS.
- c. Parent unit means the unit which has functional control of the aircraft (see A-GA-135-001/AA-001 for definition of "Unit of Ownership").
- d. Wing of occurrence means the unit closest to the site of the accident.
- e. Designated support unit means the wing, base or station closest to the crash site which is considered most capable of providing the necessary personnel and technical resources to support the investigation with a minimum of delay. The designated support unit will normally be named in the convening message.

#### 42. Définitions :

- a. La récupération de l'épave signifie le recouvrement d'un aéronef ou de parties de celui-ci se trouvant sur terre ou dans l'eau, dans le but de procéder à une enquête concernant la sécurité des vols.
- b. Le sauvetage de l'aéronef signifie le recouvrement d'un aéronef ou de parties de celui-ci dans le but de le réparer ou de le détruire et peut ne pas avoir lieu avant que la DSV n'ait terminé son enquête et s'en soit dessaisi.
- c. L'unité-mère signifie l'unité qui a le contrôle fonctionnel de l'aéronef. (voir l'A-GA-135-001/AA-001 pour la définition de "Unité d'appartenance").
- d. Première Escadre avisée signifie l'unité la plus proche du lieu où s'est produit l'accident.
- e. L'unité d'appui désignée signifie l'escadre, la base ou la station la plus près du lieu de l'accident et qui est considérée comme la plus en mesure de fournir le personnel et les ressources techniques nécessaires pour aider à l'enquête dans un délai minimum. L'unité d'appui désignée est normalement citée dans les instructions de convocation.

#### 43. Principle:

- a. Responsibility for wreckage recovery and salvage - Wreckage recovery and subsequent aircraft salvage is normally the responsibility of the Commander 1 Cdn Air Div except in the case of aircraft

#### 43. Principes :

- a. Responsabilité pour la récupération et le sauvetage de l'épave - La récupération de l'épave et le sauvetage ultérieur de l'aéronef est normalement sous la responsabilité du Commandant de la 1

belonging to the Aerospace Engineering Test Establishment (AETE), Aerospace and Telecommunications Engineering Support Squadron (ATESS) or a Canadian Forces Technical Services Agency (CFTSA) where the responsibility rests with the Assistant Deputy Minister (Material) (ADM (Mat)).

DAC sauf dans le cas d'un aéronef appartenant au Centre d'essais techniques (Aérospatiale) (CETA), à l'Escadron de soutien technique des télécommunications et des moyens aérospatiaux (ESTTMA) ou à une Agence des services techniques des Forces canadiennes (ASTFC) la responsabilité revenant alors au Sous-ministre adjoint (Matériels) (SMA (Mat)).

#### NOTE

In the event that an aircraft crash site is in the vicinity of a unit that is not a 1 Cdn Air Div unit, it may be mutually agreed between Environment Headquarters and 1 Cdn Air Div that the Wing of occurrence may carry out the wreckage recovery or salvage operation if it is capable of providing such service. In any event, maximum advantage is to be taken of CF resources closest to the scene so that the recovery operation is completed with a minimum of delay and economy of effort.

- b. Organization - As directed by Commander 1 Cdn Air Div or ADM (Mat), the Wing of occurrence or designated support unit will be responsible for wreckage recovery or subsequent salvage of a crashed aircraft. Procedures to be followed are detailed in CFTO C-05-010-002/AG-000.
- c. NDHQ responsibility - If wreckage recovery is deemed necessary by either Commander 1 Cdn Air Div, the IIC or DFS, and cannot be carried out by 1 Cdn Air Div, advice will be sought from higher HQs. The decision as to whether or not recovery of the wreckage is to be attempted will only be made after direct consultation between the Commander 1 Cdn Air Div and applicable higher HQ. This decision must be based on factors such as importance of wreckage to the investigation, environment, accessibility, availability of proper equipment and overall cost. In any event, once all factors have been considered the ultimate

#### NOTA

Lorsque le lieu de l'accident aérien est à proximité d'une unité n'appartenant pas à la 1 DAC, les Quartiers généraux environnemental et la 1 DAC peuvent s'entendre pour que la première Escadre avisée procède aux opérations de récupération et de sauvetage de l'épave s'il est en mesure de le faire. En tout état de cause, il faut tirer le meilleur parti possible des installations des FC les plus proches du lieu de l'accident afin que la récupération s'effectue le plus rapidement possible et avec le minimum d'efforts.

- b. Organisation - Selon les directives données par le Commandant de la 1 DAC ou par le SMA(Mat), la première Escadre avisée ou l'unité d'appui désignée sera responsable de la récupération de l'épave ou de son sauvetage ultérieur. Les procédures à suivre sont détaillées dans le ITFC C-05-010-002/AG-000.
- c. Responsabilité du QGDN - Lorsque la récupération de l'épave est jugée nécessaire soit par le Commandant de la 1 DAC, le IIC ou le DSV, et que cette opération ne peut être effectuée par la 1 DAC, il revient à un QG de niveau supérieur de prendre une décision. La décision de procéder ou non à la récupération de l'épave sera prise après consultation directe entre le Commandant de la 1 DAC et le QG supérieur concerné. La décision doit être basée sur des facteurs tels que l'importance de l'épave pour l'enquête, l'environnement, l'accessibilité, la disponibilité de l'équipement approprié et le coût total de l'opération. En tout état

responsibility for ordering a large scale water recovery utilizing either military or civilian resources from outside 1 Cdn Air Div and DFS rests with VCDS.

de cause, après étude des facteurs, c'est au VCEMD que revient la responsabilité finale d'ordonner une opération de récupération maritime de vaste envergure impliquant des ressources militaires ou civiles n'appartenant pas à la 1 DAC ou DSV.

44. Guide to wreckage recovery procedures -The IIC should take the following steps to ensure timely wreckage recovery:

- a. meet with Commander of Wing of occurrence or designated support unit to discuss the support requirements of the FSI and aircraft wreckage recovery;
- b. discuss with AMS and DFS representative wreckage recovery procedures and precautions to be taken to prevent damage to the wreckage during recovery;
- c. ensure that a qualified investigator and DFS representative is available during all wreckage recovery operations;

#### NOTE

To preclude confusion with accident damage, this member shall record any damage sustained during recovery, e.g., damage caused during hoisting operations.

- d. maintain close contact with AMS and its wreckage recovery crew and monitor actions taken by the wing or base when outside assistance is required (Procedures for requesting assistance are detailed in the CFTO C-05-010-002/AG-000, Part 4); and
- e. keep DFS or its on-site representative informed on all aspects of the wreckage recovery operation.

44. Guide sur les procédures de récupération de l'épave - Le IIC doit prendre les mesures suivantes afin que la récupération de l'épave se fasse dans les délais prévus :

- a. rencontrer le Commandant de la première Escadre avisée ou de l'unité d'appui désignée, afin de discuter du matériel et de l'aide requis par l'ESV et pour la récupération de l'épave;
- b. discuter avec l'EMA et le représentant du DSV des procédures de récupération de l'épave et des précautions à prendre pour éviter d'endommager l'épave pendant sa récupération;
- c. s'assurer qu'un membre compétent l'enquête et un représentant du DSV sont sur les lieux pendant toute la durée de la récupération des débris;

#### NOTA

Cette personne a pour tâche d'enregistrer les dommages subis par l'aéronef au cours de sa récupération, comme par exemple lors du hissage de l'épave, afin que ceux-ci ne soient pas confondus avec les dégâts provoqués par l'accident.

- d. maintenir un contact étroit avec l'EMA et son équipe de récupération et diriger les actions prises par l'escadre ou la base lorsqu'une assistance de l'extérieur est requise (les procédures de demande d'assistance sont indiquées en détail dans le ITFC C-05-010-002/AG-000, partie 4);
- e. tenir le DSV ou son représentant sur place, informé sur tous les aspects de l'opération de récupération de l'épave.

45. Water recoveries - Wreckage recovery of aircraft submerged in water is a difficult task and presents problems not normally associated with crashes on land. These problems range from locating the wreckage, which may require very specialized sonar equipments, to the physical rigging and lifting part of the recovery. In any event, outside resources and assistance, will be required.

46. Normal procedures are to be followed when outside assistance or resources are required (i.e., wing, base, NDHQ). Since large-scale water recovery operations are normally beyond the capabilities of most Wings of 1 Cdn Air Div, they will have to be coordinated directly from NDHQ. Chief of the Maritime Staff will be tasked directly from NDHQ when maritime resource assistance is required. Should non-military assistance be necessary (i.e., TSB, side-scan sonar), it will be coordinated through DFS. These resources, if required, will normally be assigned to the DFS on-scene investigator who will be responsible for their efficient employment. The NDHQ OPI for overall coordination will be CEM/DGAEM. Annex C of this chapter details some of the marine equipment available for water recovery operations.

#### NOTE

The decision by the Wing of occurrence to request outside assistance should be made as early as possible after the occurrence to ensure that formal tasking, planning and provision of equipments takes place in the most expeditious manner. The longer the aircraft is submerged, the greater the damage due to corrosion, especially in salt water.

47. Financial considerations – Normally, 1 Cdn Air Div will be responsible for costs incurred as a result of aircraft wreckage recovery or salvage operations. In cases where out of service costs may be very high, the decision to continue the operation and thus the responsibility for payment

45. Opérations de récupération maritime - La récupération d'une épave immergée est une tâche très difficile qui présente des problèmes particuliers qu'on ne retrouve généralement pas dans le cas des accidents qui se produisent sur la terre ferme. En effet, on doit localiser les débris ce qui peut nécessiter l'utilisation d'appareils sonar très spécialisés; on doit attacher et soulever des pièces qu'il faut récupérer. Dans tous les cas, on devra faire appel à une aide de l'extérieur.

46. Il faut suivre la procédure normale pour obtenir une aide de l'extérieur (c.-à-d., escadre, base, QGDN). Toutefois, les opérations de récupération maritimes d'envergure dépassent généralement les possibilités de la plupart des Escadres de la 1 DAC et doivent être coordonnées directement par le QGDN. Ce dernier chargera directement le Chef d'état-major de la Force maritime d'apporter son aide si une assistance maritime est requise. Si une assistance autre que militaire est requise (BST, sonar à balayage latéral) c'est le DSV qui en assure la coordination. Quand ces ressources sont nécessaires, elles sont habituellement placées sous l'autorité de l'enquêteur du DSV sur place qui assure l'efficacité de leur utilisation. Le BPR du QGDN chargé de la coordination générale sera le DGM/DGGAM. L'annexe C de ce chapitre énumère certains des équipements maritimes disponibles pour les opérations de récupération maritimes.

#### NOTA

La première Escadre avisée doit prendre la décision de faire appel à une aide de l'extérieur le plus tôt possible après l'accident, afin que la répartition des tâches, la planification et l'acheminement des équipements se fassent le plus rapidement possible. Plus longtemps l'aéronef est submergé, plus grand est le danger de dommages par corrosion, surtout dans l'eau salée.

47. Considérations financières - La 1 DAC a normalement la responsabilité des frais encourus pour les opérations de récupération ou de sauvetage de l'épave. Lorsque les dépenses risquent d'être très élevées, la décision de continuer l'opération et par conséquent la responsabilité

rests with NDHQ. The Commander of 1 Cdn Air Div is responsible for keeping VCDS advised of anticipated costs during recovery operations and ensuring that NDHQ will continue to support further operations which may be over and above that originally expected.

financière revient au QGDN. Le Commandant de la 1 DAC doit tenir le VCEMD informé des retombées financières des opérations de récupération et s'assurer que le QGDN approuve les opérations pouvant dépasser les estimations initiales.

### RECORDING WRECKAGE POSTIONS

The most practical method of recording the position of wreckage and ground scars is as follows:

Item	Distance along base line (BL)	Distance right (R) or left (L)
Right MLG uplock (photo 91)	1625 ft	286 ft R
Impact mark of comp. rotor	1786 ft	11 ft L
Impact mark of comp. rotor	1834 ft	18 ft L
Most of compressor rotor (photos 87-90)	1862 ft	23 ft L
Battery	1923 ft	102 ft L
Nozzle bypass valve (open)	1984 ft	167 ft R
Left tip tank nose cone	2217 ft	On BL
XY2-123 / A radio box	2096 ft	94 ft L
2 <sup>nd</sup> stage turbine disc (photo 86)	2175 ft	73 ft R

### RELEVÉ DE LA POSITION DES DÉBRIS

Voici la méthode la plus pratique de relever la position des débris et des traces sur le sol.

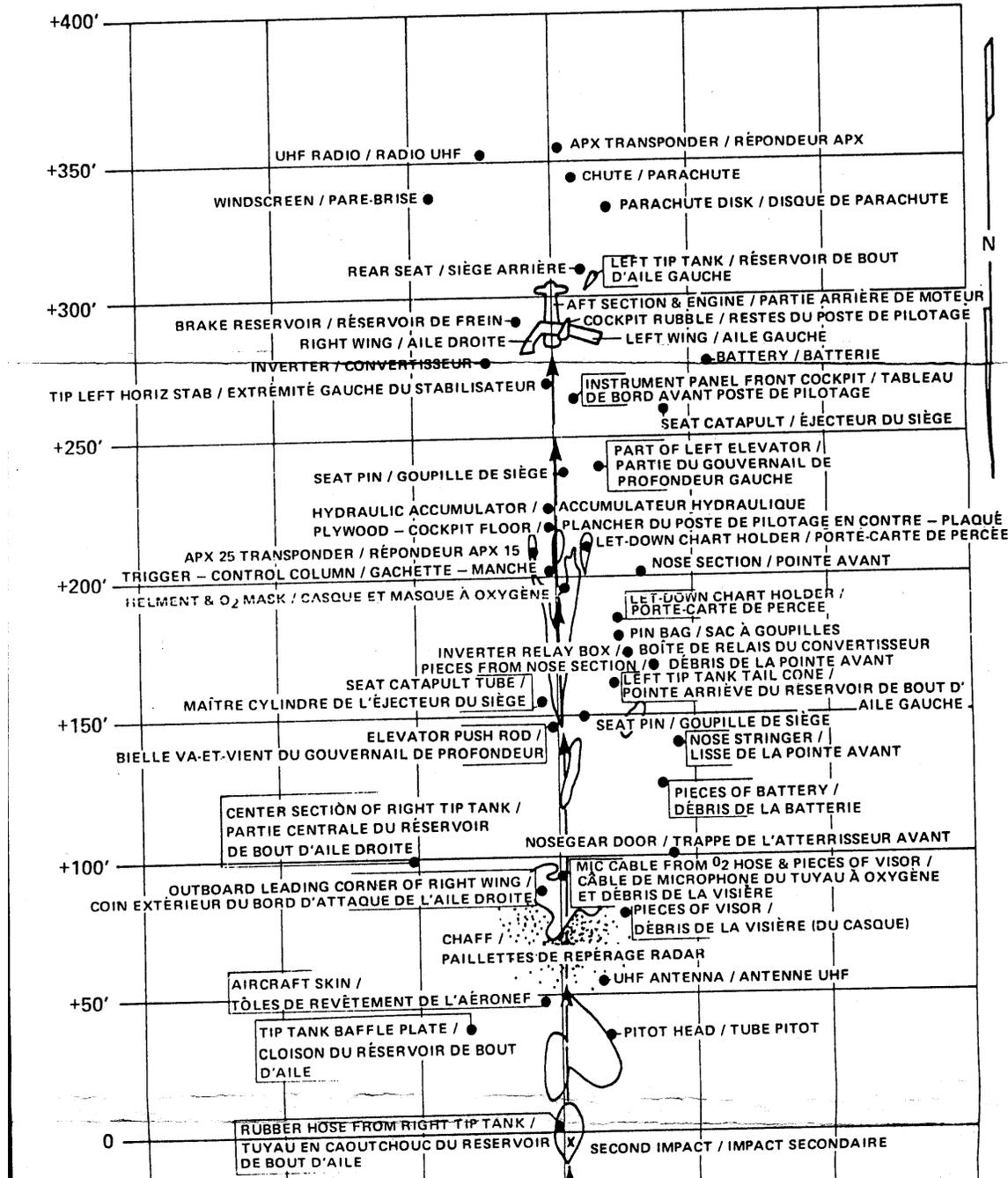
Élément	Distance le long de la ligne de base (LB)	Distance à droite (D) ou à gauche (G)
Verrou supérieur du train principal (photo 91)	1625 pi	286 pi D
Marque d'impact du rotor du compresseur	1786 pi	11 pi G
Marque d'impact du rotor du compresseur	1834 pi	18 pi G
Majeure partie du rotor du compresseur (photos 87 à 90)	1862 pi	23 pi G
Batterie	1923 pi	102 pi G
Clapet de dérivation du gicleur (ouvert)	1984 pi	167 pi D
Cône avant du réservoir de bout d'aile gauche	2217 pi	Sur la LB
Boîte radio XY2-123 / A	2096 pi	94 pi G
Disque de turbine 2e étage (photo 86)	2175 pi	73 pi D

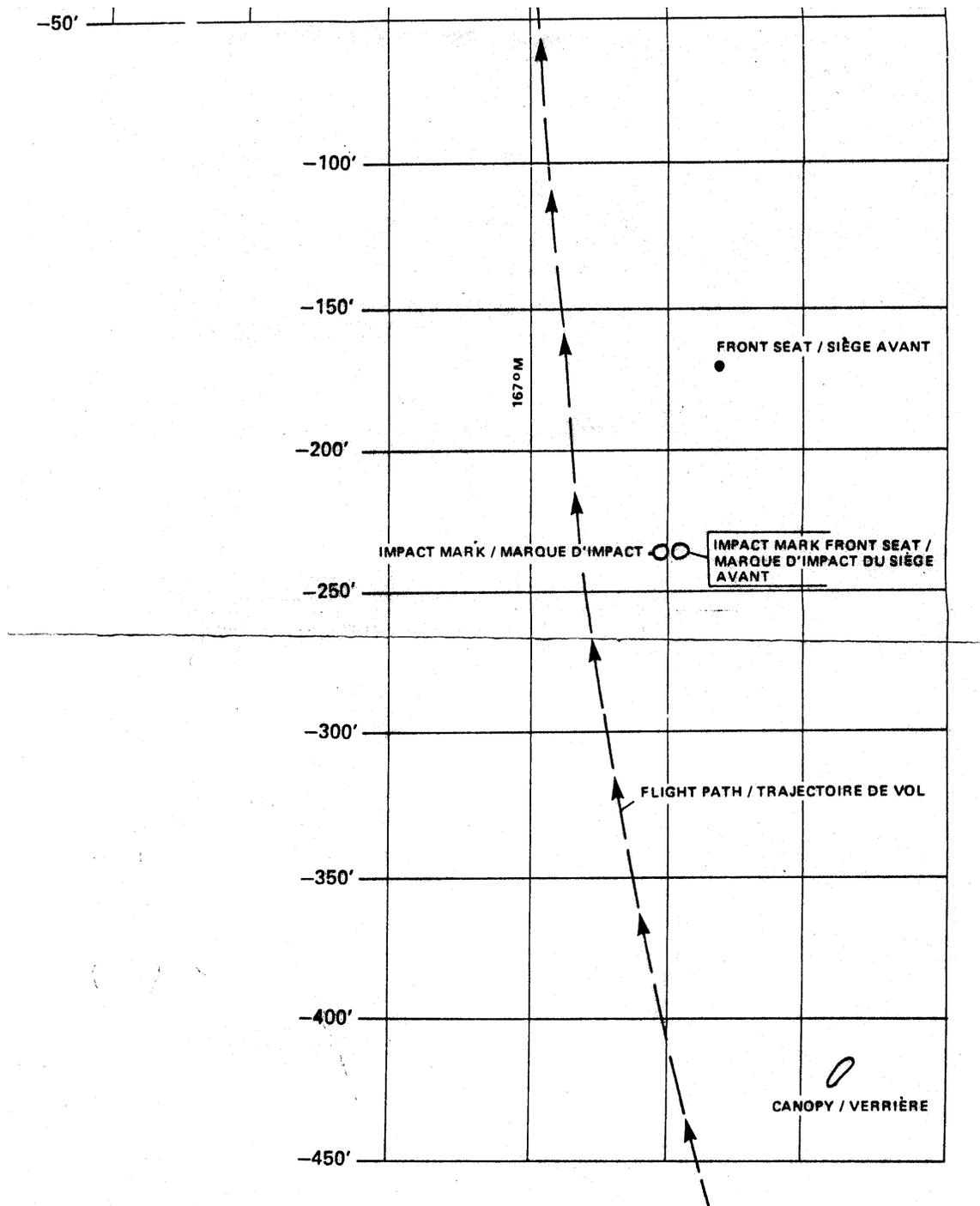
WRECKAGE PATTERN SCHEMATIC II/ SCHÉMA DE RÉPARTITION DE L'ÉPAVE II

Aircraft type and number/ Type et immatriculation de l'aéronef

Location/ Position  
 Date/ Date

Scale 1" - 50' / Echelle 1 po - 50 pi





**GOVERNMENT RESOURCES AVAILABLE FOR WATER RECOVERY OPERATIONS**

The following information is provided as a guide, indicating locations and capabilities of government vessels available for water recovery operations.

Vessel	Owner	Location	Depth Limit
1. Submersibles/recovery vessels			
<i>Pisces 4</i>	DOE	Pat Bay, BC	6000'
<i>CURV 1</i>	USN	Nanoose Bay or Keyport, Wash.	3000'
<i>SORD</i>	USN	Nanoose Bay or Keyport, Wash.	3000'
2. Vessels capable of lifting 15 Tons			
<i>CCGS Louis St. Laurent</i>	MOT	Dartmouth	
<i>CCGS Terry Fox</i>	MOT	Dartmouth	
<i>CCGS Sir William Alexander</i>	MOT	Dartmouth	
<i>CCGS Edward Cornwallis</i>	MOT	Dartmouth	
<i>CCGS Provo Wallis</i>	MOT	Dartmouth	
<i>CCGS Earl Grey</i>	MOT	P.E.I.	
<i>CCGS Bartlett</i>	MOT	St. John's Nfld.	
<i>CCGS J.E. Bernier</i>	MOT	Quebec	
<i>CCGS Griffon</i>	MOT	Great Lakes	
3. Vessels capable of anchoring 100 fathoms			
<i>CCGS Martha L. Black</i>	MOT	Victoria	
<i>CCGS George R.. Pearkes</i>	MOT	Victoria	
<i>CCGS Samuel Risley</i>	MOT	Victoria	
<i>CCGS Parizeau</i>	DOE	Pat Bay	
<i>CCGS Vector</i>	DOE	Pat Bay	

**NOTE** - Tugs and divers have not been listed as they will be available from service or commercial sources near the locations where they are required.

**RESSOURCES GOUVERNEMENTALES DISPONIBLES POUR LES OPÉRATIONS DE RÉCUPÉRATION MARITIME**

Ces renseignements sont fournis à titre de guide, ils indiquent l'emplacement et les possibilités des navires du gouvernement utilisables pour des opérations de récupération maritimes.

Navire	Propriétaire	Emplacement	Profondeur limite
1. Sous-marin/véhicules de récupération			
Pisces 4	EC	Pat Bay, C-B	6 000 pi.
CURV 1	Marine des É.U.	Nanoose Bay ou Keyport, Wash.	3 000 pi.
SORD	Marine des É.U.	Nanoose Bay ou Keyport, Wash.	3 000 pi.
2. Navires capables de lever 15 tonnes			
<i>NGCC Louis St. Laurent</i>	TC	Dartmouth	
<i>NGCC Terry Fox</i>	TC	Dartmouth	
<i>NGCC Sir William Alexander</i>	TC	Dartmouth	
<i>NGCC Edward Cornwallis</i>	TC	Dartmouth	
<i>NGCC Provo Wallis</i>	TC	Dartmouth	
<i>NGCC Earl Grey</i>	TC	Î.P.É	
<i>NGCC Bartlett</i>	TC	St-Jean, T.-N.-L.	
<i>NGCC J.E. Bernier</i>	TC	Québec	
<i>NGCC Griffon</i>	TC	Grands Lacs	
3. Navires pouvant s'ancrer dans une profondeur de 100 brasses			
<i>NGCC Martha L. Black</i>	TC	Victoria	
<i>NGCC George R. Pearkes</i>	TC	Victoria	
<i>NGCC Samuel Risley</i>	TC	Victoria	
<i>NGCC Parizeau</i>	EC	Pat Bay	
<i>NGCC Vector</i>	EC	Pat Bay	

**NOTA** - Les remorqueurs et les plongeurs ne sont pas indiqués, car ils peuvent être utilisés par l'intermédiaire du service ou celui des sources commerciales près de l'emplacement où ils sont nécessaires.