



Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la Sécurité de l'Aviation civile

Opérations de recherches en mer

Accident survenu le 3 janvier 2004
au large de Charm el-Cheikh (Egypte)
au Boeing 737-300
immatriculé SU-ZCF
exploité par Flash Airlines

Glossaire

| | |
|--------------------|--|
| ACSA | Architecture et conception de systèmes avancés |
| BEA | Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile |
| CAA (Egypt) | Autorités de l'Aviation Civile égyptienne Civil Aviation Authorities |
| CEPHISMER | Cellule de plongée humaine d'intervention sous la mer |
| Comex | Compagnie maritime d'expertises |
| CRI | Commission rogatoire internationale |
| DP | Positionnement dynamique Dynamic Positioning |
| DSL | Couche profonde rétro-diffusante Deep Scattering Layer |
| CVR | Enregistreur d'environnement acoustique du poste de pilotage Cockpit Voice Recorder |
| FAA | Federal Aviation Administration |
| FDR | Enregistreur de paramètres Flight Data Recorders |
| FTM | France Télécom Marine |
| GIB | Bouées GPS intelligentes GPS Intelligent Buoys |
| GPS | Système de positionnement global Global Positioning System |
| kt | Nœuds |
| LDA | Louis-Dreyfus Armateurs |
| NTSB | National Transportation Safety Board |
| Psi | Pressure per Square Inch |
| ROV | Robot sous-marin télécommandé Remotely Operated Vehicle |
| SHOM | Service hydrographique et océanographique de la Marine |
| SNECMA | Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'aviation |
| ULB | Balise acoustique sub-aquatique Underwater Locator Beacon |
| USBL | Système de positionnement acoustique sous-marin Ultra Short Base Line |
| WGS | Système géodésique mondial World Geodesic System |

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| GLOSSAIRE | 2 |
| INTRODUCTION | 5 |
| 1 - TRAVAIL PREPARATOIRE | 6 |
| 1.1 Informations disponibles | 6 |
| 1.2 Détection et localisation des enregistreurs | 7 |
| 1.3 Système de positionnement ACSA | 10 |
| 2 - MISE EN ŒUVRE DES MOYENS DE RECHERCHE..... | 11 |
| 2.1 BHO <i>Beautemps-Beaupré</i>..... | 11 |
| 2.1.1 Bathymétrie | 11 |
| 2.1.2 Courantométrie | 11 |
| 2.2 Moyens de récupération | 12 |
| 2.2.1 <i>L'île de Batz</i> | 12 |
| 2.2.2 Description du ROV Scorpio 2000 | 13 |
| 2.2.3 <i>Le Janus II</i> | 15 |
| 2.2.4 Description du ROV Super Achille | 16 |
| 2.3 Rôle des enquêteurs techniques..... | 17 |
| 3 - CHRONOLOGIE DES OPERATIONS MARINES | 19 |
| 3.1 Environnement sous-marin | 19 |
| 3.1.1 Plongée environnementale | 19 |
| 3.1.2 Difficultés du travail avec un ROV à grande profondeur | 19 |
| 3.1.3 Coordination et aspects logistiques..... | 20 |
| 3.2 Plusieurs objectifs parallèles | 21 |
| 3.2.1 Récupération des corps | 21 |
| 3.2.2 Récupération des enregistreurs protégés | 21 |
| 3.2.3 Cartographie des débris..... | 24 |
| 3.2.4 Récupération d'éléments de l'avion | 25 |
| 3.2.5 Récupération des effets personnels..... | 26 |
| 3.3 Techniques et procédures de récupération | 26 |
| 3.3.1 Procédures de travail de France Télécom Marine..... | 26 |
| 3.3.2 Procédures de travail de la Comex | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 4 - RESULTATS DES OPERATIONS MARINES..... | 31 |
| 4.1 Complémentarité des moyens engagés | 31 |
| 4.2 Premières observations | 31 |
| 4.3 Comparaison avec d'autres accidents | 33 |
| CONCLUSIONS | 34 |
| LISTE DES ANNEXES | 35 |

Introduction

Ce document a été réalisé en concertation et avec l'accord de l'autorité égyptienne responsable de l'enquête technique. Il a pour objectif d'établir un bilan des opérations marines menées par la France et l'Egypte à la suite de l'accident survenu au Boeing 737-300 immatriculé SU-ZCF exploité par Flash Airlines, le 3 janvier 2004 au large de Charm el-Cheikh. Il présente notamment les moyens et la stratégie qui ont été mis en œuvre pour la recherche et la récupération des enregistreurs. La chronologie des recherches, la cartographie des débris ainsi que la liste des pièces remontées sont également détaillées. Ces recherches se sont déroulées du 3 janvier au 5 février 2004.

La recherche d'éventuels survivants dans un premier temps puis la recherche des corps ont été les priorités des sauveteurs et des enquêteurs. Il convient de noter le contexte des recherches particulièrement médiatisé en France du fait du grand nombre de victimes de nationalité française, ainsi qu'en Egypte, pays d'occurrence et de l'exploitant. Des spéculations liées à la sécurité (navigabilité de l'avion) et à la sûreté (attentat) se sont multipliées dans l'attente des premiers résultats de l'enquête technique. L'absence d'émission d'un message de détresse de l'avion a contribué à alimenter ces premières spéculations. Des enquêtes judiciaires coordonnées par l'intermédiaire d'une commission rogatoire internationale ont également été ouvertes en France et en Egypte à la suite de l'accident.

Tout accident aérien, et donc la catastrophe de Charm el-Cheikh, rentre dans le cadre de la Convention de Chicago de 1944 relative à l'Aviation Civile dont l'Egypte et la France sont signataires. L'Annexe 13 à cette Convention précise les responsabilités des Etats concernés lors de la conduite de l'enquête technique. Seule l'enquête technique menée par la commission d'enquête égyptienne, avec la participation des Etats-Unis (NTSB) et de la France (BEA), est effectivement en mesure d'apporter des éléments de réponse sur les causes de cet accident.

Les recherches n'auraient pas pu être réalisées sans la contribution des marines égyptienne et française et des sociétés LDA, FTM, Comex et ACSA. La Marine nationale avait notamment envoyé de nombreux moyens humains et matériels. Deux navires de recherches équipés de robots sous-marins ont en outre été affrétés pour compléter le dispositif. Les opérations de recherches ont nécessité de nombreuses coordinations entre les différents intervenants afin de répondre le plus rapidement possible aux nombreuses interrogations soulevées par cette catastrophe.

1 - TRAVAIL PREPARATOIRE

1.1 Informations disponibles

Avant d'engager des moyens pour la récupération d'éléments liés à l'accident du SU-ZCF, il était nécessaire d'avoir une indication de l'emplacement de l'épave. Les éléments flottants et les témoignages recueillis n'étaient pas suffisamment précis pour localiser les débris de l'avion. De plus, les fonds marins étaient peu connus et présentaient sur de faibles distances des valeurs de profondeurs comprises entre 100 et 1 420 m. La carte publiée par le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) se base sur des relevés ponctuels de profondeur mesurée (voir figure 1).

Remarque : les autres cartes disponibles se fondent sur les mêmes renseignements hydrographiques.

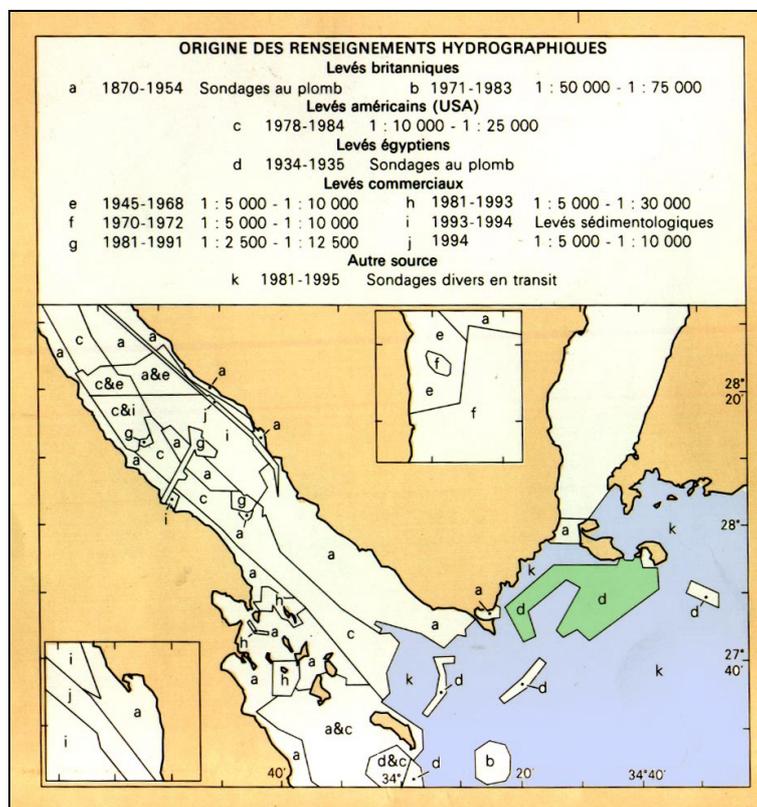


Figure 1 : origine des renseignements hydrographiques

Lors de son arrivée sur la zone de l'accident, le navire câblé *Ile de Batz* qui avait été affrété par la Marine nationale s'est procuré une représentation des fonds plus précise provenant de différents sondages réalisés par la frégate *Tourville* de la Marine nationale ; il a également effectué des passes pour sonder la zone. Il convient de noter que ces sondages donnent des valeurs ponctuelles de profondeur sans permettre de connaître les isobathes du relief sous-marin.

de la gamme de fréquences allant de 7 à 50 kHz. Ce détecteur est composé de deux antennes de réception, l'une omnidirectionnelle et l'autre directionnelle, reliées à un boîtier de réglage des fréquences et d'écoute. Ce dispositif était couplé à un système de positionnement basé sur l'exploitation d'un GPS.



Figure 3 : écoute des signaux par la Marine nationale

La première étape a consisté à s'assurer de la présence des signaux émis par les balises et à définir une zone approximative à l'aide de l'antenne omnidirectionnelle. Les recouvrements en azimuth effectués avec l'antenne directionnelle ont permis de confirmer l'émission des deux balises. La nature des fonds étant peu connue, la localisation des balises était soumise à de possibles réflexions des ondes sonores émises et à d'éventuels échos secondaires⁽⁴⁾.

L'étape suivante a consisté à effectuer de nombreux relevés pour obtenir une localisation plus précise. La figure suivante illustre différents relevés goniométriques qui ont progressivement permis de délimiter une zone de recherches.

⁽⁴⁾ Les ondes acoustiques sont utilisées dans les milieux liquides. Leur propagation dépend de différents paramètres liés entre eux comme la salinité et la température de l'eau. Ces paramètres varient en fonction de la profondeur. Lorsqu'une onde acoustique se propage dans la mer, elle est soumise à des réfractions, ce qui génère des trajets multiples. Il peut aussi arriver que les ondes acoustiques soient déviés de telle sorte qu'il existe une zone d'ombre jamais atteinte par ces ondes. En outre, plus les trajets multiples sont nombreux, plus il est difficile de les identifier.

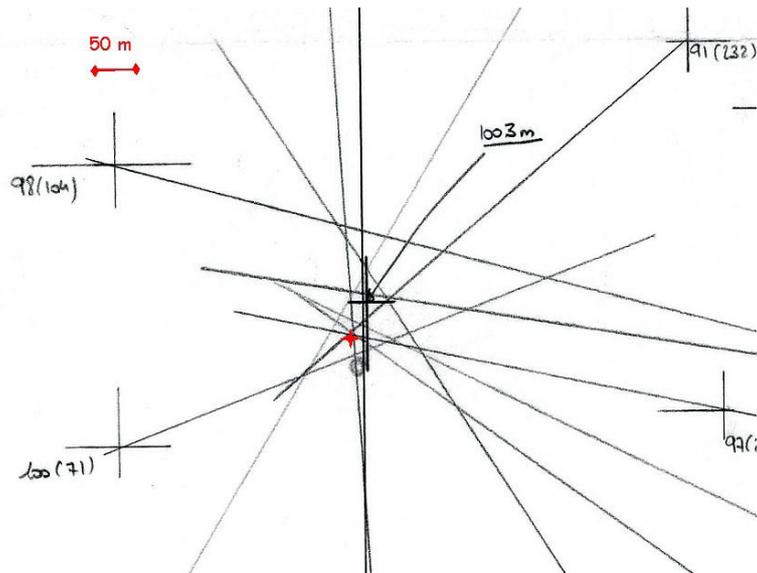


Figure 4 : résultats de la triangulation

Ces recherches acoustiques ont permis d'avoir des éléments sur les possibles positions des deux balises : une au sud ayant une position considérée comme nominale mais émettant plus faiblement et une au nord dont l'émission paraissait plus forte. Les mesures et calculs réalisés ont permis d'estimer que les balises se trouvaient vers mille mètres de profondeur.

Pour confirmer ces résultats, la base ultra courte de positionnement acoustique (USBL de marque Sonardyne) de l'île de Batz a été modifiée (en coordination avec son constructeur) de façon temporaire et adaptée à la réception des échos émis par la balise située au sud. Ces résultats se sont avérés satisfaisants en confirmant la présence d'une source d'émission sous l'île de Batz qui s'était positionné à la verticale de la position estimée.

Pour exploiter au mieux l'émission de ces balises, deux stratégies complémentaires étaient possibles :

- la première consistait à faire du « homing » c'est-à-dire à utiliser l'émission d'une balise comme signal directionnel par un hydrophone pouvant se déplacer vers ce point. Cette possibilité revient à installer un hydrophone sur un ROV pour en théorie obtenir un guidage direct vers l'objectif. Le montage sur le ROV Scorpio d'un hydrophone provenant du sous-marin Griffon (matériel réformé) a été évoqué mais cela aurait nécessité du temps et donc pénalisé la disponibilité sur zone du ROV ;
- la seconde était basée sur l'exploitation d'un système de positionnement absolu tel que celui proposé par la société ACSA, adapté à la profondeur locale.

1.3 Système de positionnement ACSA

La société ACSA (Architecture et Conception de Systèmes Avancés) est spécialisée dans les applications sous-marines du GPS. Sur la base d'un concept de bouées intelligentes (GIB, GPS Intelligent Buoys), ACSA et son partenaire SERCEL Brest ont adapté pour les besoins de l'enquête un réseau de quatre récepteurs acoustiques pour effectuer des recherches vers mille mètres de profondeur.

Pour cela, des câbles spécifiques ont été commandés au Royaume-Uni, montés à Brest et livrés en Egypte. Ainsi, 1 800 m de câbles ont été nécessaires pour allonger la distance entre les hydrophones et leurs bouées respectives. Les hydrophones immergés à 450 m de profondeur dérivent avec l'effet du courant en transmettant en permanence des informations relatives à leur position et aux signaux perçus (figure 5). Un algorithme de traitement en temps différé intègre l'ensemble des données pour ensuite déterminer une position absolue. Les résultats proviennent de calculs de triangulation basés notamment sur le temps de propagation des signaux acoustiques. Pour rendre ce déploiement efficace, il est important d'avoir au départ une zone à trianguler. Ce dispositif vient donc compléter les écoutes goniométriques ayant préalablement permis de préciser la zone des recherches.

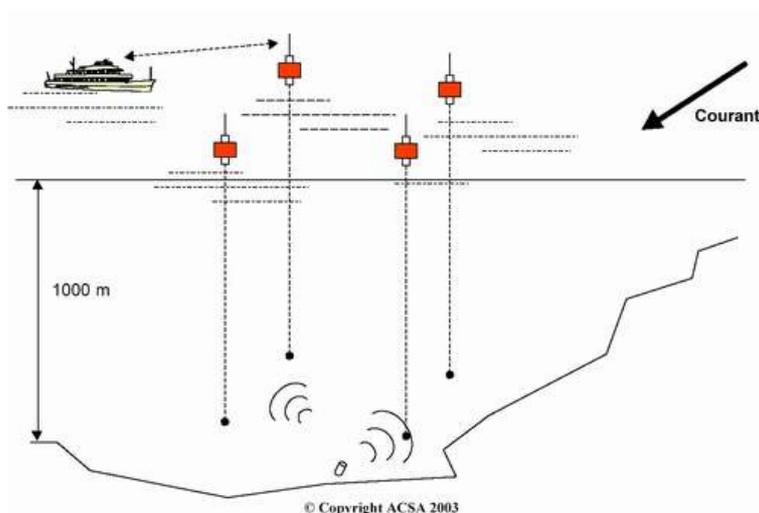


Figure 5 : principe de fonctionnement du système ACSA

Le système ACSA a permis d'affiner la position du point d'émission de la balise. Cette phase s'est avérée indispensable dans ce contexte car le ROV ne disposait que d'outils visuels sans bénéficier d'une complémentarité d'information de localisation sonore (« homing »). La mise en œuvre des bouées a été réalisée avec des embarcations de type Zodiac par les marines française et égyptienne. Au final la première balise a été retrouvée à environ soixante-dix mètres de la position acoustique estimée par le Cephismer (point zéro) ou à douze mètres de la position calculée par le système ACSA.

2 - MISE EN ŒUVRE DES MOYENS DE RECHERCHE

2.1 BHO *Beautemps-Beaupré*

2.1.1 Bathymétrie

La Marine nationale a envoyé le bâtiment hydrographique océanographique le *Beautemps-Beaupré* pour qu'il effectue la bathymétrie⁽⁵⁾ de la zone de l'accident (figure 6). A l'aide de son sondeur multi-faisceaux, ce dernier a pu dresser une carte des fonds sous-marins composée d'isobathes⁽⁶⁾ séparées de cinquante mètres. Cette connaissance de la topographie des lieux a facilité l'exploitation des ROV.

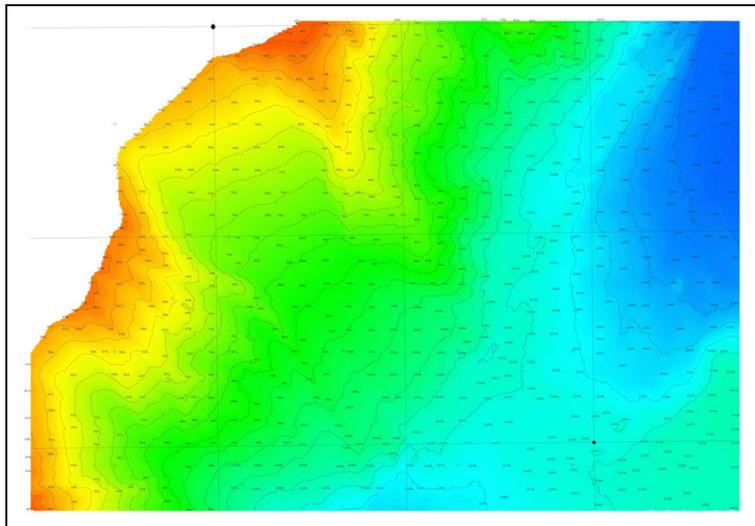


Figure 6 : bathymétrie du Beautemps-Beaupré

En revanche, la bathymétrie n'a pas pu être complétée par une image mosaïquée sous-marine en trois dimensions en raison de la profondeur de l'épave. Ceci aurait pu être possible pour de plus faibles profondeurs (jusqu'à environ deux cents mètres) à l'aide du sonar à balayage latéral dont est équipé le *Beautemps-Beaupré*. La fusion de ces données avec la bathymétrie permet de visualiser et donc de localiser des débris dans des fonds moins profonds.

2.1.2 Courantométrie

Le *Beautemps-Beaupré* s'est aussi positionné sur la zone pendant vingt-cinq heures afin d'étudier les phénomènes de courant et de marée.

Les principaux résultats mentionnent :

- une absence de courant à mille mètres de profondeur ;

⁽⁵⁾ Bathymétrie : mesure, par sondage, des profondeurs marines.

⁽⁶⁾ Isobathe : courbe reliant les points d'égale profondeur, sous terre ou sous l'eau.

- la présence d'une couche rétro diffusante fluctuant verticalement entre cent et six cents mètres de profondeur. Il s'agit de la migration verticale nocturne du zooplancton, associée à un courant vertical maximal de huit cm/s. Cette couche peut créer un masque acoustique pour les couches plus profondes.

Remarque : les premiers jours d'opérations, le positionnement acoustique entre le ROV Scorpio et son navire support a été perdu probablement en raison de ces fluctuations (cf. chronologie des opérations en annexe).

Les autres résultats montrent :

- entre zéro et cent mètres de profondeur, un fort courant permanent, d'intensité moyenne de l'ordre de 25-30 cm/s en direction du nord-est (040°) ;
- dans la tranche d'eau comprise entre zéro et cinq cents mètres, se superpose à ce courant général un courant de marée semi-diurne, de modulation maximale voisine d'un mètre.

L'intensité de ce courant de marée est faible, de l'ordre de dix cm/s. Il crée une variation du courant permanent d'une amplitude de vingt cm/s. L'intensité du courant permanent fluctue donc, en surface, entre quinze et cinquante cm/s en fonction de l'heure de la marée.

Plus en profondeur, entre cent et sept cent cinquante mètres, le courant permanent décroît avec la profondeur. Il devient négligeable à partir de sept cent cinquante mètres de profondeur.

Les résultats bathymétriques et courantométriques montrent qu'il était peu probable que les enregistreurs se déplacent en raison du courant ou du relief accidenté.

2.2 Moyens de récupération

2.2.1 L'Ile de Batz

Au moment de l'accident, le navire se trouvait en Mer Rouge pour rejoindre un site de travail au large de la Libye. L'*Ile de Batz* est un navire câblier armé par Louis-Dreyfus Armateurs, d'environ cent quarante mètres de long qui est adapté à recevoir sur son pont un robot (ROV) lourd avec ses cinquante tonnes de matériel de support. L'*Ile de Batz* possède un système avancé de positionnement dynamique (DP II) qui lui permet de travailler sur une position précise, même en présence de conditions météorologiques défavorables⁽⁷⁾. En outre, ce navire étant conçu pour déposer des câbles au fond des océans avec une précision de l'ordre du mètre, ses systèmes de gestion de la tension et vitesse de défilement des câbles se sont avérés très utiles pour la remontée d'éléments de l'avion de taille et de masse importantes.

Enfin, l'*Ile de Batz* bénéficiant de capacités d'accueil (salles de réunion, chambres,

⁽⁷⁾ La journée du 20 janvier, des conditions de vents de l'ordre de force huit sur l'échelle de Beaufort n'ont pas perturbé les opérations de relevage.

restaurant), c'est à son bord qu'ont été centralisées les opérations de recherches. L'*Ile de Batz* était donc le bateau support du ROV Scorpio. Les déplacements du ROV et du bateau étaient coordonnés par le « survey » situé sur la passerelle de l'*Ile de Batz*.

2.2.2 Description du ROV Scorpio 2000

Le Scorpio 2000, exploité par France Télécom Marine⁽⁸⁾, est un ROV dédié à la pose de câbles sous-marins (workROV).

Le Scorpio possède les caractéristiques suivantes :

- Dimensions (en mètres) : longueur : 2,90 ; largeur : 1,50 ; hauteur : 2,50
- Poids : 3,5 tonnes
- Profondeur maximale d'exploitation 1 200 m (limitée notamment par la longueur de l'ombilical)
- Vitesse maximale d'avancement 2,5 kt
- Vitesse latérale un nœud



Figure 7 : photo du ROV Scorpio

Le véhicule est constitué d'une structure en aluminium, sur laquelle sont fixés les éléments destinés à sa flottabilité et sa propulsion. La flottabilité du robot est réglée légèrement positive. La propulsion est assurée par huit propulseurs hydrauliques, quatre verticaux pour faire descendre l'engin et le maintenir à la profondeur voulue, deux axiaux permettent les déplacements vers l'avant et l'arrière ainsi que la rotation, et les deux transversaux qui permettent les déplacements latéraux. Un ensemble électro-hydraulique fournit la puissance hydraulique nécessaire pour la propulsion et les outils.

Le Scorpio est équipé de trois caméras : une caméra couleur 1366 Simrad dite « de

⁽⁸⁾ France Télécom Marine a participé en 1985 à la remontée des enregistreurs du Boeing 747 (vol Air India 182) accidenté en Mer d'Irlande. L'opération avait été réalisée à l'aide d'un ROV de type Scarab opéré à partir du navire câblé *Léon Thévenin*. Les enregistreurs se trouvaient à environ deux mille mètres de profondeur.

pilotage » dans l'axe du véhicule, une caméra 1366 Simrad orientable équipée de zoom et de mise au point, une troisième caméra utilisée pour le contrôle des fonctions du véhicule. La caméra orientable permet d'avoir une largeur du champ visuel d'environ huit mètres tandis que la puissance de l'éclairage (huit projecteurs de 250 kW chacun) permet d'éclairer à environ quatre mètres.

Remarque : la caméra orientable de recherche est située à environ un mètre et demi de hauteur.

Le ROV Scorpio possède sur son côté droit un bras manipulateur qui dispose de cinq fonctions⁽⁹⁾. L'ouverture maximale de sa pince (20,3 cm) correspondait bien à la taille des enregistreurs à remonter. La pince agrippe un objet seulement lorsque le bouton de la commande correspondante est poussé. Les commandes ne sont pas asservies ni en position ni en force. Pour attraper et serrer un objet, c'est donc du tout ou rien avec une pression hydraulique disponible de l'ordre de 2 800 Psi. Enfin, la capacité de levage de la pince est d'environ 145 kg en tenant compte du déploiement du bras.

Sur l'avant du véhicule, l'outil de « jetting », initialement destiné au travail sur câble téléphonique, a été tronçonné et remplacé par un panier permettant la récupération des éléments. Ce panier, doté d'un double filet, était de taille adaptée pour la récupération des enregistreurs.

Deux types de liaison permettent le pilotage du robot :

- un câble ombilical qui transmet l'énergie et les informations nécessaires à son exploitation ;
- un transpondeur fonctionnant en mode USBL qui transmet l'information de position du ROV par rapport au bateau.

Un container équipé du poste de pilotage du Scorpio a été installé sur le pont de l'*Île de Batz* à proximité du touret sur lequel s'enroulent les mille deux cents mètres de l'ombilical du ROV. Le Scorpio est piloté par deux équipes de trois personnes qui se relaient toutes les douze heures.

⁽⁹⁾ Les cinq fonctions sont la rotation de l'épaule (jusqu'à 120°), la montée et la descente de l'épaule (jusqu'à 90°), la montée et la descente du coude (jusqu'à 132°) et la rotation du poignet (jusqu'à 360°).



Figure 8 : photo du poste de pilotage du Scorpio

Le parcours du ROV était guidé par le « survey » de la passerelle de l'*Ile de Batz* qui disposait d'une visualisation de son positionnement grâce aux transmissions USBL. Les zones de recherches étaient composées de rails parallèles, espacés les uns des autres d'environ trois mètres pour tenir compte de la largeur du champ visuel de la caméra panoramique. Une telle approche permettait une couverture systématique de la zone de recherches prédéfinie.

2.2.3 Le *Janus II*

Le *Janus II* est un catamaran de trente mètres de long exploité par la COMEX et conçu spécifiquement pour des opérations de recherches sous-marines. Il a été affrété par la Marine nationale pour participer aux recherches en mer. Le *Janus II* a rejoint le site de l'accident en partant de son port d'attache Marseille et en transitant par le canal de Suez.

Sur sa plage arrière, on trouve un portique de levage multifonctions qui peut basculer sur cent degrés et d'une capacité comprise entre sept et dix tonnes en fonction des conditions d'utilisation.

Son système de prospection hydrographique « survey » est basé sur un système de navigation intégré qui permet le suivi, l'acquisition et le stockage de toutes les données en provenance de l'ensemble des capteurs embarqués. En plus des données liées au navire, les déplacements du ROV, du sous-marin et des plongeurs peuvent être suivis par l'intermédiaire de transpondeurs USBL. Ce suivi se fait en temps réel, sur un fond de carte marine numérique.

Outre le ROV Super Achille, le *Janus II* avait à son bord un sous-marin océanographique : le Remora 2000. Celui-ci n'a pas été utilisé sur le site car sa profondeur maximum est limitée à six cent dix mètres.

2.2.4 Description du ROV Super Achille

Le Super Achille est un ROV d'observation (obsROV) dédié aux recherches sous-marines dont la principale caractéristique concerne ses possibilités de s'adapter à divers types d'interventions sous-marines (récupération d'épaves, prises de mesures et d'échantillonnage, pose de charges explosives, etc.).

Le *Janus II* a embarqué deux robots sous-marins Super Achille pour avoir plus de disponibilité opérationnelle.

Le Super Achille possède les caractéristiques suivantes :

- Dimensions (en mètres) : longueur : 0,72 ; largeur : 0,60 ; hauteur : 0,68
- Poids : 110 kg
- Profondeur d'exploitation 1 100 m
- Vitesse maximale d'avancement 2,5 kt
- Vitesse latérale un nœud

Ce ROV léger, télécommandé par un câble ombilical depuis le *Janus II*, se loge dans une « cage garage » qui est descendue à la verticale du navire par un bossoir et un treuil de pont pouvant descendre jusqu'à mille cent mètres. Arrivé à son immersion de travail, le Super Achille peut quitter sa cage grâce à une laisse flottante de soixante-dix mètres. Cet ombilical rétractable reliant le ROV à sa cage est un câble coaxial au travers duquel l'énergie nécessaire, les contrôles et les informations reçues (sonar, vidéo, position) sont multiplexés. Ce principe favorise la mobilité du robot qui n'est ainsi pas limité par l'inertie des mille mètres de son câble ombilical principal.

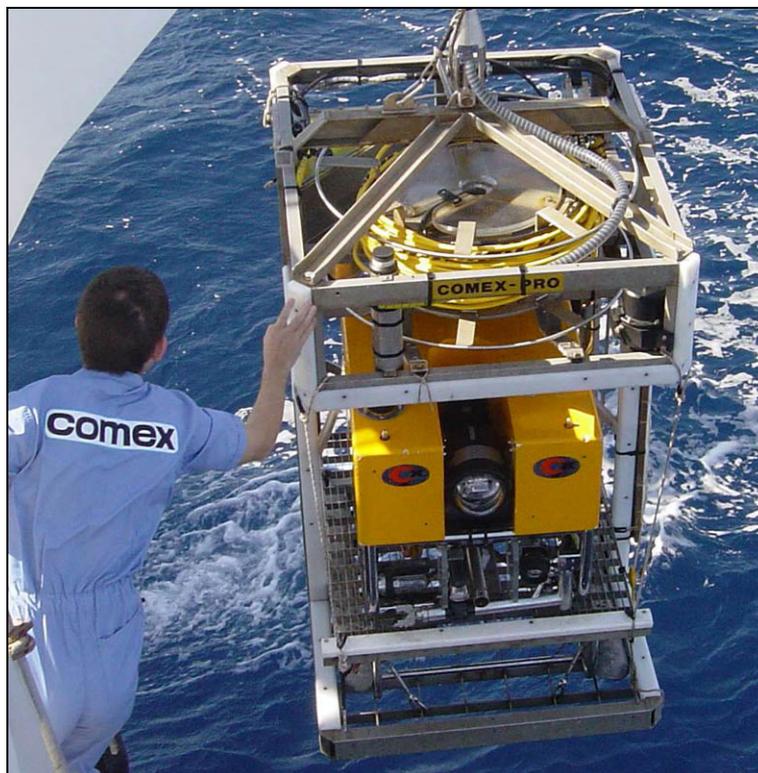


Figure 9 : photo du Super Achille dans sa cage

Le Super Achille, équipé d'une balise acoustique « transpondeur » (fonctionnant avec le système USBL du *Janus II*) peut aussi servir de référence en positionnement dynamique et être positionné en permanence en coordonnées géographiques sur le système de navigation intégré. L'historique du trajet du ROV peut être enregistré. Ces positions peuvent s'afficher en temps réel sur une carte marine numérisée.

Remarque : la carte utilisée par le *Janus II* a été fournie par la Marine nationale à partir de la bathymétrie réalisée par le *Beautemps-Beaupré*. La Comex a ainsi pu centraliser ses données sur une carte numérisée précise (carte vectorielle).

La caméra orientable du Super Achille possède une haute sensibilité et peut retransmettre des images couleurs de haute définition à l'instar de la photo ci-après prise à environ mille mètres de fond.



Figure 10 : exemple de photo prise au fond de l'eau (un des manuels de l'avion)

Le Super Achille peut être équipé d'un bras standard trois axes pour la récupération de débris de dimension réduite ou d'un bras hydraulique cinq axes pour des débris plus encombrants et de masse inférieure à cinq kilogrammes. Ces objets peuvent être placés dans un panier d'attente gréé sur la cage.

Pour la récupération d'éléments de masse supérieure à cinq kilogrammes, l'agilité du Super Achille permet de réaliser des opérations de levage à l'aide de lignes de force. Le chapitre 3.3 détaille les procédures de relevage.

2.3 Rôle des enquêteurs techniques

L'équipe réunie à Charm el-Cheikh possédait des compétences complémentaires, nécessaires à la rapide identification et localisation des débris recherchés. La commission d'enquête égyptienne s'appuyait sur les autorités de l'aviation civile égyptienne (CAA) et sur des conseillers provenant des compagnies Flash Airlines et Egyptair (car exploitant aussi des Boeing 737).

En tant qu'Etat constructeur, les Etats-Unis par l'intermédiaire du NTSB étaient aussi présents sur le site de l'accident. Des conseillers de Boeing et de la FAA, spécialisés notamment sur la structure et les systèmes du Boeing 737, avaient intégré l'équipe d'enquête. La France, représentée par le BEA, avait sollicité la collaboration d'un conseiller auprès de la société SNECMA (représentant le motoriste CFM International).

Le BEA, coordonnateur des recherches sous l'égide de la commission d'enquête, s'appuyait donc sur de nombreuses compétences :

- connaissances du Boeing 737-300 (structure, systèmes, moteurs, etc.),
- spécialistes en recherche sous-marines, en enregistreurs protégés, etc.

3 - CHRONOLOGIE DES OPERATIONS MARINES

Remarque : l'annexe 1 détaille jour après jour les opérations marines sur le site.

3.1 Environnement sous-marin

3.1.1 Plongée environnementale

La première plongée sur le site de l'accident a consisté à effectuer une exploration de l'environnement sous-marin pour connaître la nature des fonds et leur relief, et pour obtenir des données sur le courant et la visibilité. Cette plongée a eu lieu le 12 janvier c'est-à-dire avant les études menées par le *Beautemps-Beaupré*. La profondeur de l'ordre de mille mètres implique des pressions d'environ cent bars. A cette profondeur, il n'y a plus de lumière naturelle. Celle-ci ne va pas au-delà d'une centaine de mètres de profondeur lorsque les conditions de visibilité sont bonnes.

L'exploration a montré qu'autour de la position du robot les fonds sous-marins présentaient peu de relief et qu'ils étaient composés de sédiments relativement lourds. Au cours des plongées suivantes, il a été noté un enfouissement progressif de certaines pièces.

Le courant au fond a été estimé très faible, voire nul. La visibilité s'est avérée bonne, c'est-à-dire que la profondeur du champ visuel dépendait directement de la puissance d'éclairage du robot.

Les contraintes techniques et les difficultés inhérentes aux travaux à grande profondeur n'ont heureusement pas été compliquées par les conditions de visibilité et de courant.

3.1.2 Difficultés du travail avec un ROV à grande profondeur

3.1.2.1 Milieu hyperbare

Il convient de préciser que les difficultés du travail sous-marin augmentent de façon exponentielle avec la profondeur. Les forces de pression et l'environnement salin rendent l'environnement hostile pour les robots d'intervention. D'autre part, la distance par rapport à la surface implique des opérations de relevage qui prennent du temps. La descente et la remontée duraient chacune environ une heure pour le *Scorpio* et vingt minutes en moyenne pour le *Super Achille*.

La profondeur de l'épave était compatible avec l'enveloppe d'intervention opérationnelle des robots envoyés sur le site. Il convient de noter que les robots *Scorpio* et *Super Achille* ne disposaient que d'une faible marge en ce qui concerne la longueur de leurs câbles ombilicaux respectifs. La précision du positionnement des navires de support était dans les deux cas très importante pour optimiser la longueur de câble utilisée afin d'avoir en permanence un navire à l'aplomb du ROV qu'il supporte. L'*Ile de Batz* devait se coordonner en permanence avec *Scorpio* pour

optimiser la longueur de l'ombilical. Le *Janus II* en se positionnant au-dessus de la cage du robot (elle-même à environ dix mètres au-dessus du fond) était indépendant des déplacements du Super Achille grâce au système de laisse flottante. Le Super Achille pouvait donc se déplacer librement dans un rayon théorique de soixante-dix mètres autour de sa cage⁽¹⁰⁾.

3.1.2.2 Capacité de préhension

La capacité de préhension d'un ROV comme le Scorpio est limitée en mouvement par les possibilités de déplacement du bras articulé et par la notion de tout ou rien de la pince hydraulique. Cette absence d'asservissement en puissance de la pince hydraulique ne permettait pas d'attraper des objets mous ou fragiles sans risquer de les détériorer de façon irréversible.

La préhension d'un objet pouvait prendre plusieurs minutes car il fallait réunir les conditions suivantes : bien positionner le robot par rapport à cet objet et orienter la caméra pour que l'opérateur du ROV, mille mètres plus haut, puisse travailler en visualisant les déplacements du bras manipulateur. La caméra ne restitue qu'une notion dégradée de la profondeur et de la distance. Son angle de vision est d'environ soixante degrés, soit environ le tiers du champ de vision humain. Pour assurer un balayage permanent et systématique de la zone scrutée, il était nécessaire d'avoir une bonne coordination entre le pilote du ROV et l'opérateur de la caméra panoramique.

Remarque : ceci est surtout le cas pour un workROV comme le Scorpio ; ce l'est moins pour un obsROV du même type que le Super Achille.

3.1.3 Coordination et aspects logistiques

3.1.3.1 Coordination entre le poste de pilotage du ROV et les enquêteurs

Pour ne pas déranger l'équipe de pilotage du ROV Scorpio, il a rapidement été décidé de déporter les images de la caméra panoramique dans une salle de l'*Ile de Batz* (test room) réservée aux enquêteurs techniques. Une ligne téléphonique⁽¹¹⁾ a été installée pour coordonner les recherches. Cette solution avait aussi l'avantage de donner de la place aux enquêteurs pour l'exploitation de la documentation nécessaire (déploiement de plans, d'ordinateurs individuels, etc.). Les discussions de concertation pouvaient aussi avoir lieu sans perturber les pilotes du robot.

3.1.3.2 Aspects logistiques

Matin et soir, une navette effectuait des rotations entre le port de Charm el-Cheikh et l'*Ile de Batz* et le *Janus II*. Des réunions de coordination avaient systématiquement lieu le matin à l'arrivée de la navette et le soir avant son départ. Cela permettait de

⁽¹⁰⁾ En pratique, les pilotes de Super Achille gardent une marge de sécurité de trente mètres.

⁽¹¹⁾ Le choix d'une coordination sur une ligne téléphonique protégée plutôt que par une coordination radio (à l'aide de VHF portables) a été dicté par des raisons de confidentialité.

faire un point, d'informer les nouveaux arrivants du déroulement des opérations et surtout d'établir la marche à suivre pour optimiser l'exploitation des moyens.

3.2 Plusieurs objectifs parallèles

3.2.1 Récupération des corps

La recherche de survivants dans un premier temps puis la récupération des corps ont été la priorité des équipes de recherches. L'avion avait été pulvérisé par la violence du choc avec la mer et ses occupants tués sur le coup. La plupart des restes humains récupérés l'ont été dans les premiers jours qui ont suivi l'accident. Ils se trouvaient à la surface ou entre deux eaux. Par mille mètres de fond, les forces de pression, la faune, la salinité de l'eau et les actions du temps ont achevé de détruire ce qui subsistait du corps des occupants de l'avion après sa véritable désintégration.

A cet état des lieux, se sont ajoutées les difficultés techniques et psychologiques inhérentes à ce type d'opération⁽¹²⁾.

Il est arrivé sur certaines images vidéo de reconnaître des formes liées à des parties humaines, mais celles-ci étaient dans un tel état de fragilisation qu'il s'est avéré impossible de les manipuler. Certains fragments humains ont pu être remontés seulement parce qu'ils étaient attachés à des objets ou incrustés dans des pièces.

Malgré donc l'expérience de la Comex⁽¹³⁾ dans ce domaine et les moyens mis en œuvre, dans la situation de l'accident de Charm el-Cheikh tous les efforts déployés n'ont malheureusement permis que la remontée de rares fragments humains.

3.2.2 Récupération des enregistreurs protégés

3.2.2.1 Emplacement des enregistreurs sur l'avion

Les enregistreurs se trouvent à l'arrière de l'avion, à proximité de la zone indiquée sur la figure suivante.

⁽¹²⁾ Les bras hydrauliques des ROV étaient techniquement plus adaptés à la préhension de pièces métalliques que d'éléments fragiles.

⁽¹³⁾ La Comex a notamment remonté en 1998 les corps des victimes d'un accident de Cessna au large de Monaco, en 1999, les corps des pilotes d'un hélicoptère Lynx accidenté en Mer Méditerranée ainsi que de multiples victimes de noyade.



Figure 11 : zone d'installation des enregistreurs

3.2.2.2 Procédure officielle de remise des enregistreurs

Il était important d'avoir une procédure officielle de remise des enregistreurs entre les autorités françaises et égyptiennes car les enregistreurs ont été extraits des eaux territoriales égyptiennes (juridiction égyptienne) et ont transité sur un navire de pavillon français (juridiction française). Il fallait également satisfaire les demandes d'images de la part des médias. Un photographe officiel a pris des photos de la sortie de l'eau des enregistreurs (qui s'est déroulée de nuit dans les deux cas). Ces photos ont rapidement été mises en ligne sur le site Internet du BEA.

Pour ne pas gêner les opérations de recherches, la zone avait été sécurisée par la marine égyptienne. Il a donc été convenu que le BEA remette les enregistreurs à la commission d'enquête sur le port de Charm el-Cheikh en présence des journalistes. La justice égyptienne a ensuite pu mettre les scellés avant le transfert vers le Caire.

3.2.2.3 Récupération du FDR

Une des priorités initiales consistait à retrouver et à récupérer les enregistreurs protégés, l'enregistreur d'environnement acoustique (CVR) et l'enregistreur de paramètres (FDR). Leur exploitation était prévue au Caire.

Le robot Scorpio a commencé à rechercher les enregistreurs à l'aide de ses caméras sur la base de la détermination initiale de la localisation de la balise. Cette position a ensuite été affinée par l'exploitation du système ACSA. Cela a produit une position théorique avec une incertitude d'une dizaine de mètres⁽¹⁴⁾. Un carré de vingt mètres sur vingt, centré sur la position théorique, a été systématiquement parcouru par le ROV. Ces recherches visuelles ont finalement conduit à la découverte du FDR, qui était en fait situé à environ douze mètres de la position estimée.

⁽¹⁴⁾ La précision théorique du système spécialement mis en œuvre pour la récupération des enregistreurs protégés est de l'ordre de 1 % de la profondeur, soit environ dix mètres.

3.2.2.4 Récupération du CVR

La recherche du second enregistreur a nécessité des choix stratégiques. Depuis le début des opérations, l'écho lié à la deuxième balise semblait situé quelques centaines de mètres plus au nord de la zone de recherches initiales. Entre-temps, les résultats de la localisation ACSA n'étaient pas encore disponibles.

Pour des accidents du type d'une collision avec le relief ou la mer, il arrive que les accélérations subies lors de l'impact entraînent une séparation de la balise du support de l'enregistreur. Cette hypothèse était plausible sur la base des premiers éléments recueillis.

Deux stratégies étaient possibles :

- attendre les résultats relatifs au positionnement précis de l'écho Nord issus du traitement numérique en temps différé,
- continuer les recherches sur une zone de récupération à définir à partir de l'analyse de la répartition des débris, en supposant que le pinger n'était plus liée au CVR.

La deuxième stratégie a été retenue. Il a été décidé de délimiter une zone au sud de la position du FDR (voir annexe 1 – journée du samedi 17 janvier 2004).

Le CVR a été retrouvé environ vingt-quatre heures après la découverte du FDR, à proximité du carré tracé par les enquêteurs lors d'un demi-tour du ROV Scorpio (changement de rail). Son boîtier était plus endommagé que celui du FDR. Les numéros de référence et de série du boîtier ainsi que la balise ont vraisemblablement été arrachés lors de l'impact.

L'utilisation d'un grand écran de télévision connecté à la caméra panoramique a facilité son repérage (voir photo ci-après). L'aménagement de la salle de travail à bord de l'*Ile de Batz* et le travail de coordination qui s'en était trouvé facilité se sont avérés déterminants dans la rapide découverte des enregistreurs.



Figure 12 : photo de la salle de travail

La même procédure de remise utilisée la veille pour le FDR a été mise en œuvre pour la remise du CVR.

3.2.3 Cartographie des débris

L'exploration des fonds sous-marins a été effectuée en zones rectangulaires en extension progressive autour de la zone centrale. Chaque zone était ensuite quadrillée par l'intermédiaire de lignes avec un écartement valant entre trois et cinq mètres (en fonction du ROV et des objectifs).

Pendant ces opérations, il était important d'avoir des spécialistes aéronautiques qui coordonnaient ces recherches et identifiaient les débris. Les plongées des robots Scorpio et Super Achille étaient filmées. A bord de l'*Île de Batz*, la salle de travail était équipée d'un magnétoscope, ce qui permettait de visualiser de nouveau certaines plongées, notamment lors d'opérations de maintenance. Le système vidéo du Super Achille, qui enregistre les images sur un format numérique, pouvait aussi prendre des photos numériques des éléments jugés intéressants à cartographier et à examiner (cas des moteurs) avec en outre l'incrustation sur la photo (voir figure 13) de paramètres comme les coordonnées, la profondeur, la date, l'heure et le cap.



Figure 13 : photo d'un moteur

Les différents éléments repérés et identifiés au cours des plongées ont été rassemblés dans une base de données dont un extrait se trouve en annexe à ce document. Des paramètres comme la date, le lieu (latitude, longitude), une description succincte, les références de photos représentent des informations utiles à l'enquête et peuvent ainsi être exploités facilement (cette base de données contient environ quatre cents débris localisés et identifiés). La figure suivante représente la cartographie de ces débris avec la délimitation de la zone des recherches.

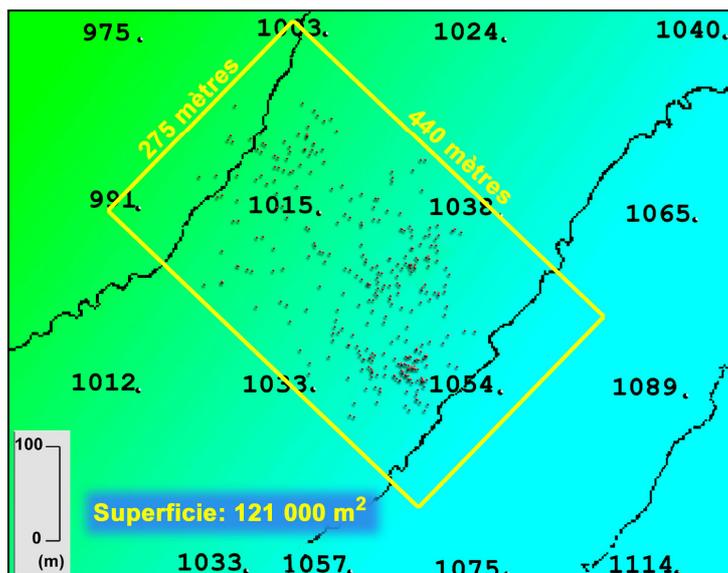


Figure 14 : cartographie des débris

Les débris de l'épave ont été retrouvés à l'intérieur d'un rectangle d'environ 275 par 440 m et défini par les coordonnées suivantes :

Point Nord : N 27°52,559 / E 34°21,933
 Point Est : N 27°52,410 / E 34°22,126
 Point Sud : N 27°52,294 / E 34°22,022
 Point Ouest : N 27°52,450 / E 34°21,817

Les multiples explorations ont confirmé que les débris de l'épave étaient contenus à l'intérieur de ces limites.

3.2.4 Récupération d'éléments de l'avion

La stratégie de récupération d'éléments de l'avion s'est basée sur les premiers résultats de l'exploitation des enregistreurs qui se déroulait au Caire. Toutes les pièces liées aux surfaces de contrôle de l'avion et aux systèmes de bord ont été considérées comme prioritaires.

Une procédure a été développée pour enregistrer la description, les dimensions et les coordonnées en latitude et longitude des pièces récupérées par les enquêteurs, ainsi que leurs premières observations. La description et les coordonnées des autres pièces, étudiées grâce aux caméras des ROV, ont été également enregistrées.

Une nomenclature a aussi été adoptée :

- FW (Floating Wreckage) pour les débris flottants récupérés dans les premiers jours après l'accident ;
- SW (Surveyed Wreckage) pour les débris répertoriés ;
- RW (Recovered Wreckage) pour les débris remontés ;
- PE (Personal Effects) pour les effets personnels majoritairement remontés par le *Janus II*.

En plus des cinquante-cinq débris flottants repêchés au départ, identifiés et référencés, une cinquantaine de pièces ont été récupérées et à leur tour référencées.

Toutes les pièces remontées ont été conservées dans de l'eau de mer jusqu'à leur déchargement au port militaire de Charm el-Cheikh et leur remise aux autorités égyptiennes.

3.2.5 Récupération des effets personnels

Les objets récupérés sont principalement des montres, des sacs, des portefeuilles, etc. Peu de vêtements ont été remontés. Des lambeaux de tissus ont à plusieurs reprises bloqué les propulseurs des ROV. Leur flottabilité légèrement positive rendait leur manipulation et leur remontée difficile. Certains sont ressortis des paniers de récupération au cours des mille mètres de remontée.

Certains de ces objets ont été récupérés au fur et à mesure des opérations de recherches puis, dans une seconde phase le *Janus II* a couvert systématiquement la zone à la recherche des effets personnels. Sa mission s'est arrêtée après de multiples passages lorsque tout ce qu'il était possible de remonter l'avait été.

3.3 Techniques et procédures de récupération

3.3.1 Procédures de travail de France Télécom Marine

3.3.1.1 Inspection du fond

Le Scorpio se déplaçait doucement sur le fond en suivant les rails du tracé donné par le « survey » de l'*Ile de Batz* (en coordination avec les enquêteurs) et en balayant la zone de visibilité de part et d'autre du véhicule. La zone de visibilité était d'environ quatre mètres sur l'avant et quatre mètres sur les cotés.

Les capacités de levage du manipulateur permettaient de soulever des pièces pour faciliter leur identification ou éventuellement observer les éléments qui se trouvaient en dessous. En revanche, la conception des télécommandes ne permettait pas des manipulations fines sur des éléments petits ou fragiles.

3.3.1.2 Récupération de pièces

Les éléments de moyenne dimension découverts pouvaient être mis au fur et à mesure dans le panier du ROV. Lorsque le panier était plein, le Scorpio pouvait soit être relevé, soit se diriger vers un panier plus grand descendu à l'arrière de l'*Ile de Batz*. Pour des pièces jusqu'à environ cent cinquante kilogrammes, le robot pouvait, en maintenant la pièce à l'aide de son bras manipulateur, se déplacer vers le panier du navire pour l'y décharger. C'était ensuite le treuil de l'*Ile de Batz* qui remontait le panier contenant les pièces déchargées qui s'y trouvaient.

Il faut noter que la récupération d'éléments neutres ou trop légers dans l'eau

(flottabilité légèrement positive) était difficile et risquée pour le Scorpio car ces éléments avaient tendance à sortir des paniers pendant les déplacements du ROV ou la remontée du panier. Certains ont été aspirés par les hélices du robot rendant le pilotage du véhicule impossible.

3.3.2 Procédures de travail de la Comex

Outre la cartographie des fonds et la récupération directe de pièces à l'aide de son bras, le robot Super Achille est aussi capable de réaliser des relevages de débris de plusieurs tonnes à l'aide de lignes de force venant de la surface. Différents bas de ligne adaptés à chaque cas sont possibles : le ROV peut travailler avec un lasso, un câble, un crochet, etc.



Figure 15 : travail en positionnement dynamique des deux bateaux

Ce type d'opération doit être précédé d'une inspection visuelle approfondie de l'élément à remonter à la surface. Le résultat de cette inspection permet de dimensionner sur mesure le bas de ligne.

Bien que le *Janus II* possède les treuils nécessaires pour de tels relevages, l'utilisation d'un second navire comme l'*Ile de Batz* a permis d'optimiser ce type d'opération. Ce dernier étant un câblé de dernière génération, il était parfaitement adapté pour la pose et le relevage des lignes de force. L'emploi de deux navires a également offert des possibilités de serrage et de relevage très précises, ce qui était impossible à réaliser avec un seul navire. Le porteur du bas de ligne a ainsi pu s'éloigner à plusieurs milliers de mètres de l'élément à récupérer pendant qu'étaient effectuées des tractions horizontales en serrage (voir figure 16). Pendant ce temps, les caméras du Super Achille conservaient le contact visuel sur l'ensemble de l'opération.

Le dimensionnement et la réalisation du bas de ligne ont été réalisés par la Comex.

Le bas de ligne a ensuite été transféré sur l'*Ile de Batz* pour être raccordé sur son câble de manutention. L'opération a débuté lorsque les deux navires étaient placés à la verticale de la pièce à remonter. L'*Ile de Batz* et le *Janus II* étant chacun doté d'un système de positionnement dynamique, ils pouvaient se placer l'un par rapport à l'autre à une dizaine de mètres. L'*Ile de Batz* s'était placé le plus près possible de la verticale de l'objet à relever. Quant au ROV Super Achille, il a été positionné en attente sur le fond à proximité de la pièce.

Le bas de ligne, de flottabilité neutre, est alourdi pour la phase de descente par une gueuse. Un transpondeur équipait cette ligne pour que la descente soit suivie grâce au positionnement acoustique. La ligne était aussi équipée de dispositifs réfléchissants et d'une lumière pour faciliter ce rendez-vous sous-marin à plus de mille mètres de profondeur. Celui-ci devait avoir lieu avant le fond (à environ dix mètres) pour éviter d'emmêler le câble de la ligne avec l'ombilical du robot et pour être sûr que la gueuse ne s'accroche pas avec des débris.

En fonction des directives du pilote du ROV, la gueuse a ensuite été lentement descendue sur le fond puis larguée par le Super Achille. La ligne était allongée en direction de l'objectif. Le câble de levage se trouvait alors posé sur le fond pour être ensuite légèrement allongé. L'*Ile de Batz* pouvait alors lentement s'éloigner du *Janus II* vers une position d'attente tant que l'objectif n'était pas crocheté.

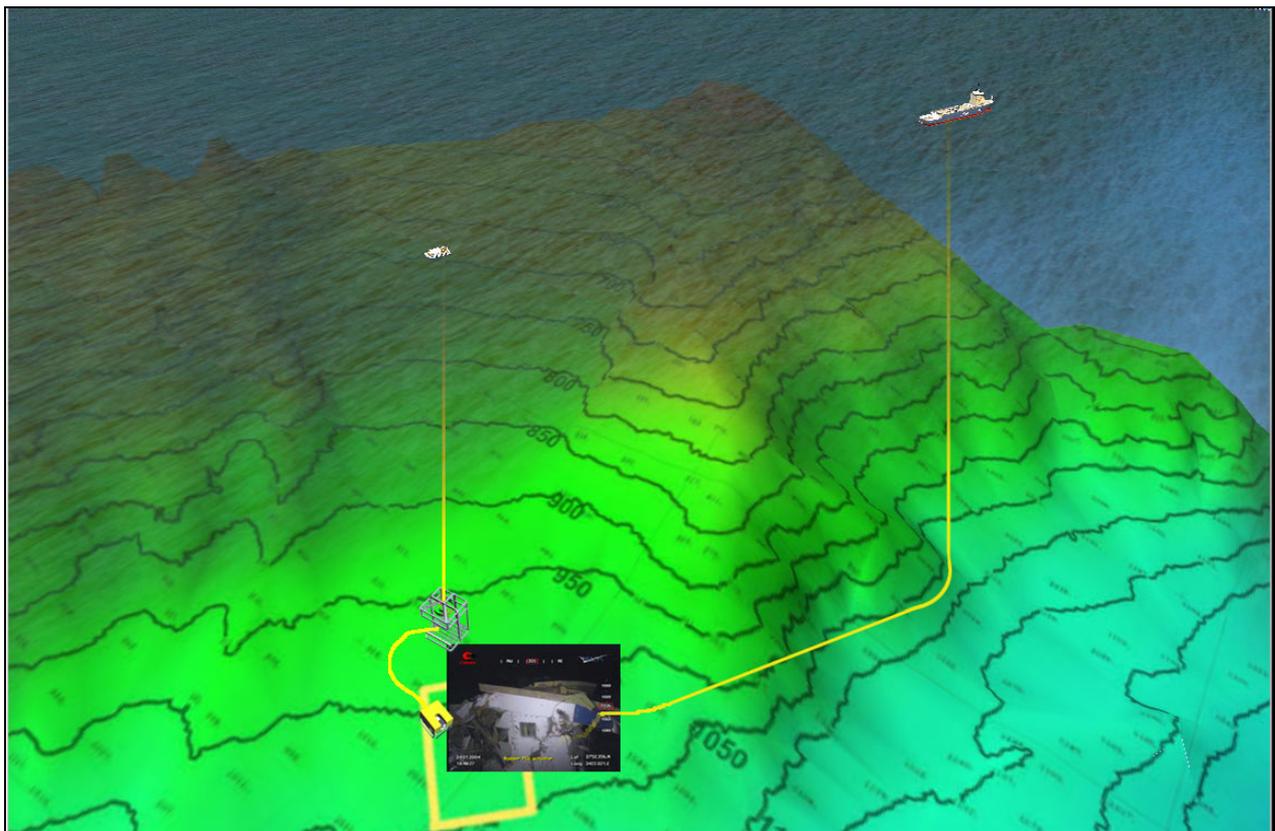


Figure 16 : opération de serrage et le relevage d'une partie de la dérive

Pour remonter des éléments comme la gouverne de profondeur et la dérive de

l'avion, deux variantes de cette méthode ont été utilisées :

- Le bas de ligne équipé d'un crochet

Le crochet à linguet a été passé sur un point de force de la gouverne de profondeur (voir figure 17). En fonction des directives du pilote du Super Achille qui conservait la vision sur ses écrans de l'opération, l'*Ile de Batz* a progressivement repris le câble jusqu'au levage du débris. Une fois la pièce « décollée » du fond, le ROV a pu rentrer dans sa cage tandis que la gouverne de profondeur remontait lentement vers la surface.



Figure 17 : utilisation du crochet à linguet

- Le bas de ligne équipé de câble

Lorsque l'élément à remonter ne disposait pas d'un point de levage permettant une manipulation de la pièce sans risque de dégâts supplémentaires, celle-ci devait alors être ceinturée par un câble. Le bas de ligne a donc été équipé d'un long câble et d'un crochet à linguet. Le travail a alors consisté à entourer la pièce avec le câble (via des points de passage au préalable identifiés) puis de refermer le crochet sur son propre câble. Il a alors fallu resserrer le câble avec précaution autour du débris (dans ce cas il s'agissait de la partie arrière de la dérive où étaient situées les servocommandes). Ceci devait être réalisé avant le relevage pour éviter que le câble ne décapelle sans serrer.

Une lourde gueuse avait donc été placée entre le bas de ligne et le câble de traction. L'*Ile de Batz* a ensuite allongé entre deux et trois kilomètres de câble sur le fond en se déplaçant simultanément en surface pour éviter d'avoir des boucles susceptibles de perturber l'opération. En fonction des directives du pilote du ROV, le câble a ensuite été lentement repris. La gueuse a alors effectué une translation horizontale sur le fond pour venir serrer le bas de ligne sur l'objectif. L'*Ile de Batz* pouvait à ce moment revenir à la verticale de la pièce à remonter en reprenant en même temps le câble qui avait été allongé. Cette manœuvre a dû être réalisée avec précision afin de

ne pas endommager la pièce contre le fond lors de son quart de tour (correspondant à la mise en tension). Les écrans vidéo ont permis au pilote du ROV de contrôler l'ensemble de la manœuvre jusqu'au levage par le treuil de l'*Ile de Batz*.

Un aspect délicat lors de toute opération de levage en mer concerne le passage de la surface (ou « dioptré »). Lorsque la pièce sort de l'eau la poussée d'Archimède disparaît, ce qui peut entraîner de fortes contraintes si la variation de force est soudaine. Le treuil de dernière génération dont est pourvu l'*Ile de Batz* a permis un contrôle très précis en vitesse et en tension de la remontée des objets. Ceci a contribué à éviter tout endommagement ou perte d'éléments lors de cette phase.

Les pièces remontées ont été chargées sur l'*Ile de Batz* et conservées dans une fosse de grande dimension remplie d'eau de mer. La remise aux autorités égyptiennes des éléments remontés a été effectuée au port militaire de Charm el-Cheikh à la fin de la mission de l'*Ile de Batz*.

Remarque : la même procédure de remise a été suivie par le *Janus II* à la fin de sa mission.

4 - RESULTATS DES OPERATIONS MARINES

4.1 Complémentarité des moyens engagés

Les moyens déployés sur le site de l'accident ont permis de faire face à toutes les situations comme remonter des éléments de grandes dimensions (parties de la dérive du B 737) ou de plus petite taille (effets personnels). La pince du ROV Scorpio était par exemple parfaitement adaptée pour la préhension des enregistreurs. La mobilité du ROV Super Achille a rapidement permis d'effectuer la cartographie du site de l'accident.

Le tableau ci-après présente un bilan chiffré des surfaces couvertes par les deux robots sous-marins entre le 13 et le 21 janvier 2004.

| Robots | Scorpio | Super Achille |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Surface couvertes | 8 300 m ² | 19 100 m ² |
| Période des plongées | 13 au 18 janvier 2004 | 18 au 21 janvier 2004 |
| Moyenne quotidienne | 10 h 30 min | 19 h |

La disponibilité opérationnelle supérieure du Super Achille s'explique notamment par la redondance des moyens mis en œuvre par la Comex. Il convient également de souligner que les robots Super Achille (obsROV) sont régulièrement affectés à des tâches de recherches sous-marines tandis que le Scorpio (workROV) est un robot dédié à la pose de câbles sous-marins.

4.2 Premières observations

Dans le cadre de cette enquête, les enregistreurs remontés se sont rapidement avérés exploitables, ce qui a permis d'optimiser le travail de récupération des débris. Une coordination entre les équipes d'enquête situées au Caire et à Charm el-Cheikh s'est mise en place lors de l'exploitation préliminaire des enregistreurs.

Les premiers éléments fournis par le FDR donnaient comme configuration un avion avec une assiette à piquer d'environ trente degrés et une inclinaison à droite de l'ordre de quatorze degrés. Le dernier cap enregistré était 311° tandis que la vitesse était proche de quatre cents nœuds.

Ces éléments étaient compatibles avec les premiers résultats de la cartographie.

Un certain nombre d'éléments liés au site et à l'épave ont aussi contribué à la validation des paramètres du FDR. Les premières observations ont montré que :

- Aucun élément de la soute électronique (située à l'avant de l'avion) n'a malheureusement pu être récupéré.
- Les deux moteurs ont été trouvés espacés d'environ vingt-quatre mètres, ce qui indique qu'ils étaient attachés à l'avion au moment de l'impact.

Remarque : les premiers éléments de l'enquête technique, relative à l'accident du Boeing 767 exploité par Egyptair survenu le 31 octobre 1999 au large du Connecticut, indiquaient qu'un moteur s'était détaché avant l'impact avec la mer à la suite des facteurs de charge subis.

- Les trains d'atterrissage principaux gauche et droite ont été retrouvés entre les deux moteurs. La localisation groupée de ces éléments lourds correspond à la zone d'impact de l'avion avec la surface de la mer, la plus probable. La répartition des débris n'est pas compatible avec une dispersion d'éléments liée à une rupture en vol.

Remarque : les autorités taiwanaises ont été confrontées en 2002 à deux accidents en mer au large des Iles Penghu. Dans un cas, il s'agissait d'une rupture en vol⁽¹⁵⁾ et dans l'autre d'une collision avec la mer⁽¹⁶⁾ sans perte d'élément. La répartition des débris couvraient dans le premier cas une surface supérieure à 100 000 km² et dans le second cas une surface très inférieure calculée à 60 000 m².)

- Le vérin commandant la sortie des inverseurs de poussée a été renfloué et retrouvé en position rentrée.
- Un vérin commandant la sortie des becs de bord d'attaque a été renfloué et retrouvé en position rentrée.
- Un vérin commandant la sortie des volets a été remonté et retrouvé en position rentrée.
- L'axe de la vis sans fin commandant le plan horizontal arrière a été mesurée. La position de son écrou se trouve à 7,5 pouces de son extrémité, ce qui correspond à une position en piqué du bord d'attaque entre deux et trois degrés ou à un positionnement du trim entre cinq et six unités⁽¹⁷⁾.

Ces éléments indiquent que l'avion était probablement en configuration lisse (train, becs, volets rentrés) au moment de l'impact, ce que confirme les informations du FDR.

Les premiers résultats de l'enquête technique issus des recherches sous-marines ont confirmé que l'accident n'est pas lié à un attentat terroriste.

⁽¹⁵⁾ Accident du B 747-100 immatriculé B-18255 exploité par China Airlines survenu le 25 mai 2002 au large des Iles Penghu (Taiwan).

⁽¹⁶⁾ Accident de l'ATR 42 immatriculé B-22708 exploité par TransAsia survenu le 21 décembre 2002 au large des Iles Penghu (Taiwan).

⁽¹⁷⁾ B737-300 Aircraft Maintenance Manual 27-41-00.

4.3 Comparaison avec d'autres accidents

Le tableau ci-après présente quelques accidents survenus ces dix dernières années qui ont nécessité des opérations de récupération en mer.

| Accident | Lieu (au large de) | Profondeur épave | Moyens utilisés | CVR (nb jours) | FDR (nb jours) |
|---|--|------------------|-------------------|----------------|----------------|
| B 757 Birgenair (ALW301) 06-02-96 | Puerto Plata République Dominicaine | 2 200 m | ROV (CURV III) | 22 | 22 |
| B 747 (TWA 800) 17-07-96 | Long Island Etats-Unis | 40 m | Plongeurs | 7 | 7 |
| MD 11 Swissair (SR 111) 02-09-98 | Halifax Canada | 55 m | Plongeurs | 9 | 4 |
| B 767 Egyptair 990 31-10-99 | Connecticut Etats-Unis | 75 m | ROV (Deep drone) | 13 | 9 |
| A 310 Kenya Airways 430 30-01-00 | Abdijan Côte d'Ivoire | 50 m | Plongeurs | 26 | 6 |
| MD 83 Alaska Airlines 261 31-01-00 | Los Angeles Etats-Unis | 200 m | ROV (Scorpio) | 2 | 3 |
| B 747 China Airlines (CI 611) 25-05-02 | Iles Penghu Taiwan République de Chine | 50-70 m | Plongeurs + ROV | 24 | 25 |
| ATR72 TransAsia (GE 791) 21-12-02 | Iles Penghu Taiwan République de Chine | 60 m | ROV (Phoenix III) | 23 | 22 |

Dans le cas de l'accident de Charm el-Cheikh, le FDR et le CVR ont respectivement été trouvés en douze et treize jours. Ces chiffres peuvent être comparés à ceux de l'accident de Puerto Plata qui a aussi nécessité une intervention à grande profondeur.

Chaque opération de récupération en mer présente des particularités qui peuvent être liées :

- à la profondeur,
- aux conditions météorologiques,
- aux délais de mobilisation (distance par rapport aux bases marines),
- au contexte politique,
- etc.

CONCLUSIONS

Malgré les difficultés liées à la profondeur de l'épave, à l'éloignement du site et au peu d'informations cartographiques, les enregistreurs ont été retrouvés en moins de deux semaines. Cette réussite provient essentiellement du travail préparatoire entrepris par la Marine nationale qui a permis d'envoyer rapidement sur le site de l'accident les moyens adéquats. La réactivité dont ont fait preuve les intervenants (LDA, FTM, Comex, etc.) a offert la structure opérationnelle qui a permis aux enquêteurs de définir la stratégie la plus adaptée pour retrouver les enregistreurs dans les meilleurs délais, puis d'établir la cartographie de l'épave et de remonter tous les effets personnels possibles et les pièces considérées comme potentiellement utiles en ce début d'enquête.

La logistique a été une part importante du succès des opérations : les capacités d'accueil de l'*Ile de Batz* et la réactivité de son équipage ont facilité un travail en commun qui s'est basé sur l'optimisation des multiples compétences réunies.

La décision de la Marine nationale de déployer le système ACSA a contribué à fortement raccourcir le temps de recherche des enregistreurs.

La mobilité, l'adaptabilité et la qualité de restitution des images du Super Achille ont permis de méthodiquement cartographier le site de l'accident. L'expérience de la Comex dans ce domaine a permis de récupérer de façon systématique tous les effets personnels qu'il était possible de remonter.

Le travail en commun du *Janus II* et de l'*Ile de Batz* (tous les deux à positionnement dynamique) a permis de récupérer des éléments de grande taille comme la gouverne de profondeur.

Enfin, les enseignements de ces opérations constituent un retour d'expérience précieux sur la conduite des recherches sous-marines ainsi que sur la préparation psychologique et matérielle des intervenants. Une réflexion commune avec les intervenants en milieu sous-marin devrait permettre d'optimiser et de développer de nouveaux moyens de recherche.

Liste des annexes

ANNEXE 1

Chronologie des recherches sous-marines

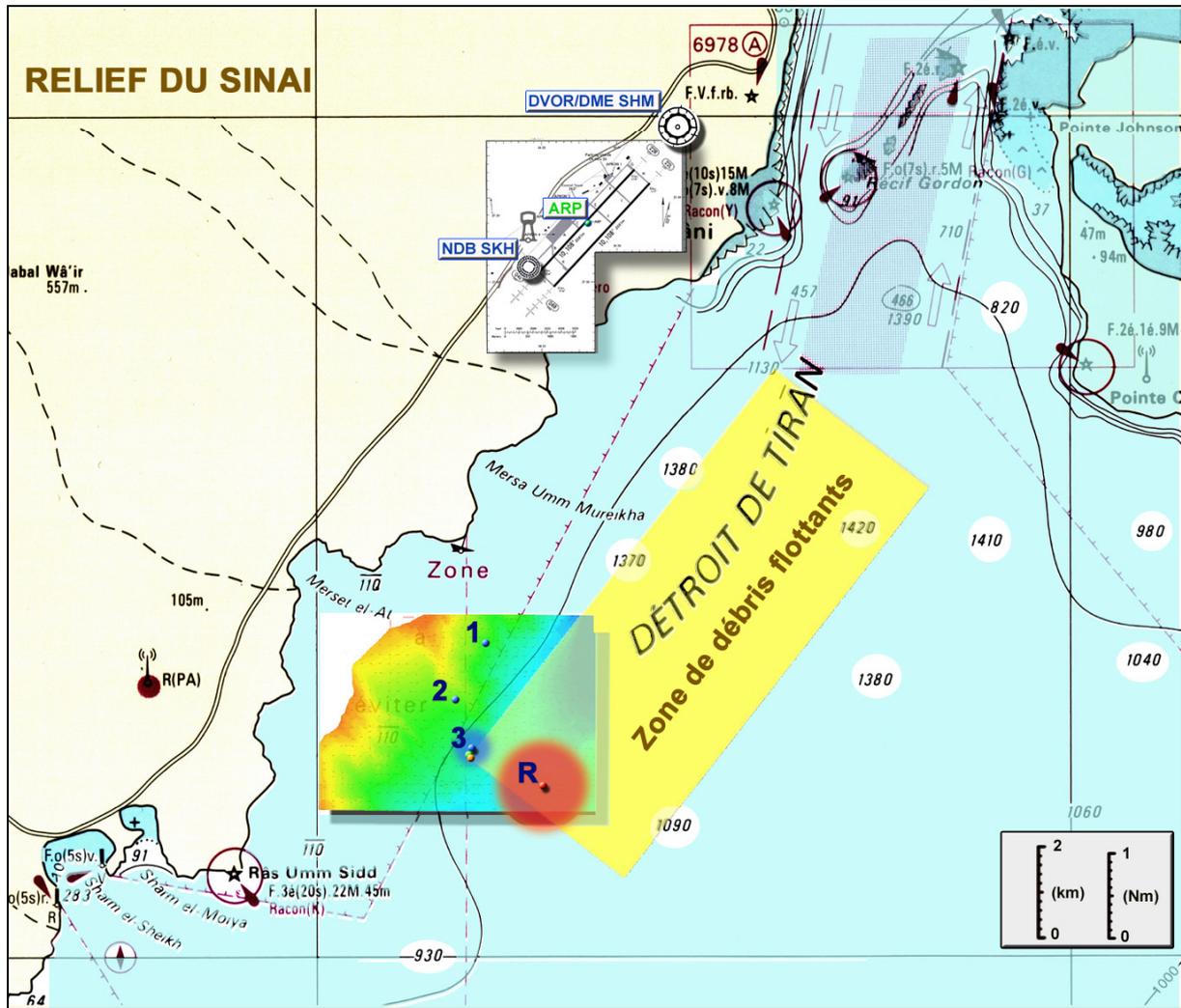
ANNEXE 2

Extrait de la base de données permettant le suivi sur place des recherches

ANNEXE 3

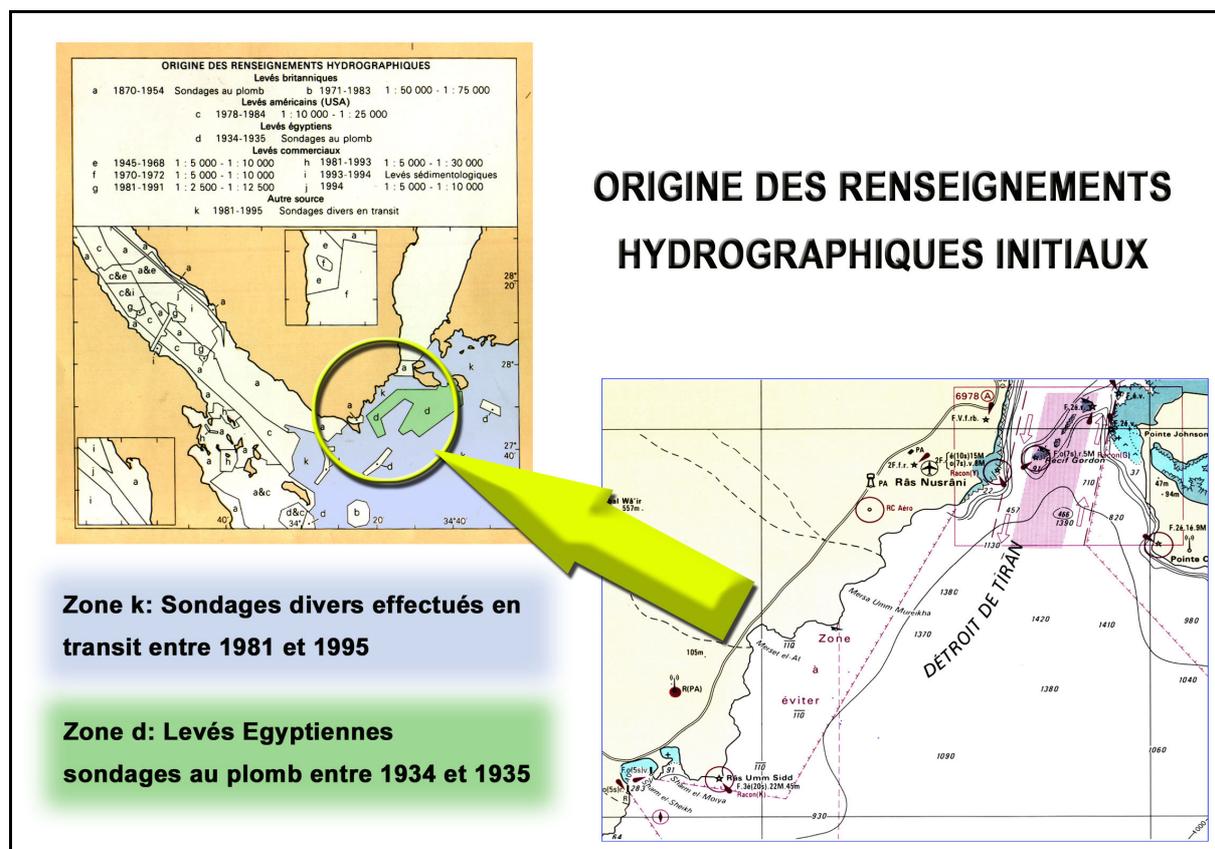
Exemple de photos sous-marines référencées

Recherches du 3 au 6 janvier 2004



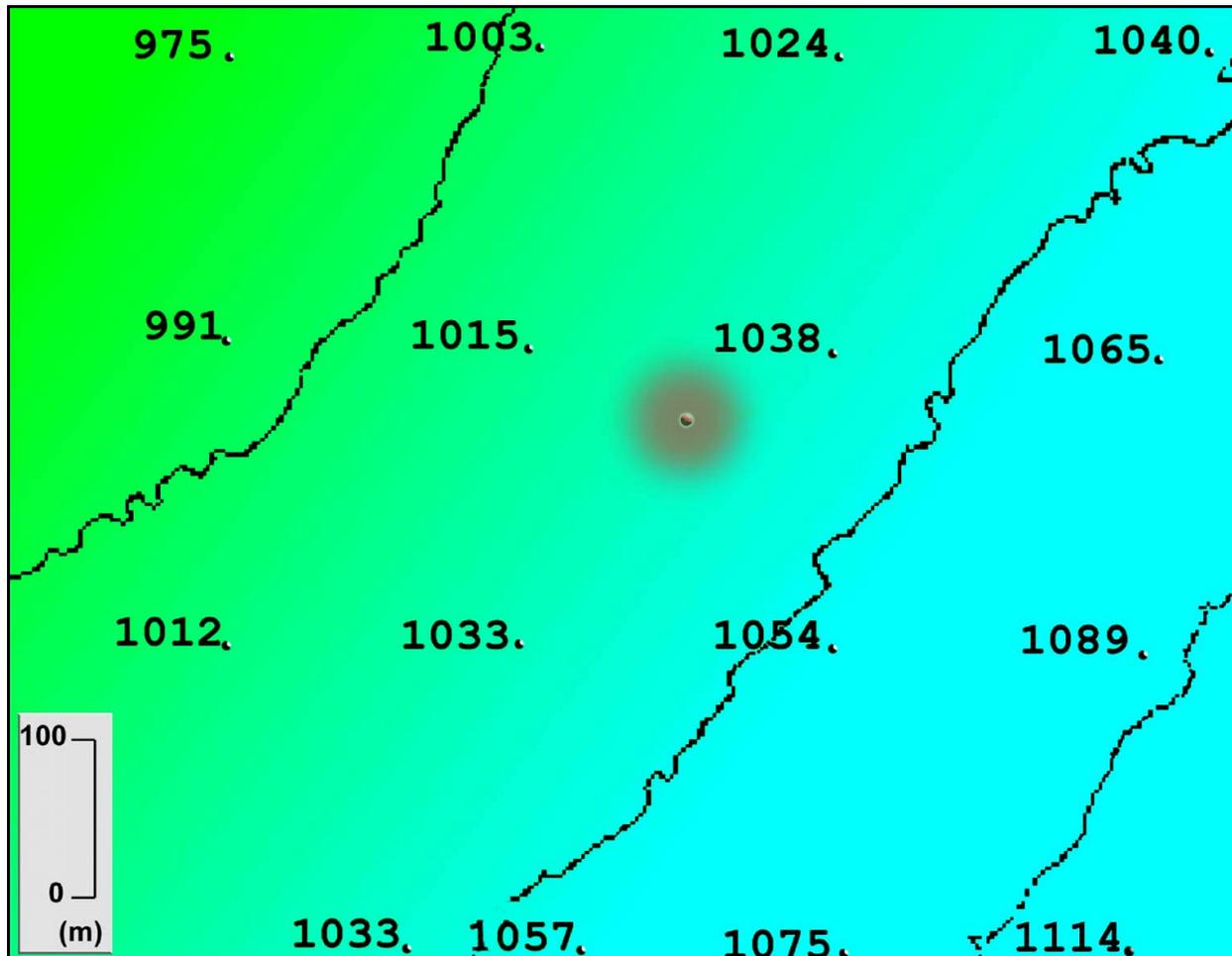
- Récupération des débris flottants dans les heures et les jours qui suivent l'accident à l'aide des moyens maritimes et aériens franco-égyptiens (rectangle représentant la zone des débris qui dérivait vers le détroit de Tiran).
- Dimanche 4 janvier :
 - arrivée du Cephismer avec la perche Helle, le robot Achille ;
 - arrivée du BEA avec son matériel d'écoute.
- Lundi 5 janvier : début des opérations de recherches sous-marines menées par la Marine nationale sur la zone présumée de l'accident basées sur les informations fournies par les autorités égyptiennes (dernière trace radar (cf. point R) extrapolée à partir d'une copie d'écran). Détection d'un signal très faible (non véritablement significatif – cf. point 1).
- Mardi 6 janvier : détection d'un second signal plus significatif (cf. point 2). Recherches aériennes avec un hélicoptère Lynx et un Bréguet Atlantique et maritimes avec la frégate *Tourville*.

Recherches du 7 au 12 janvier 2004



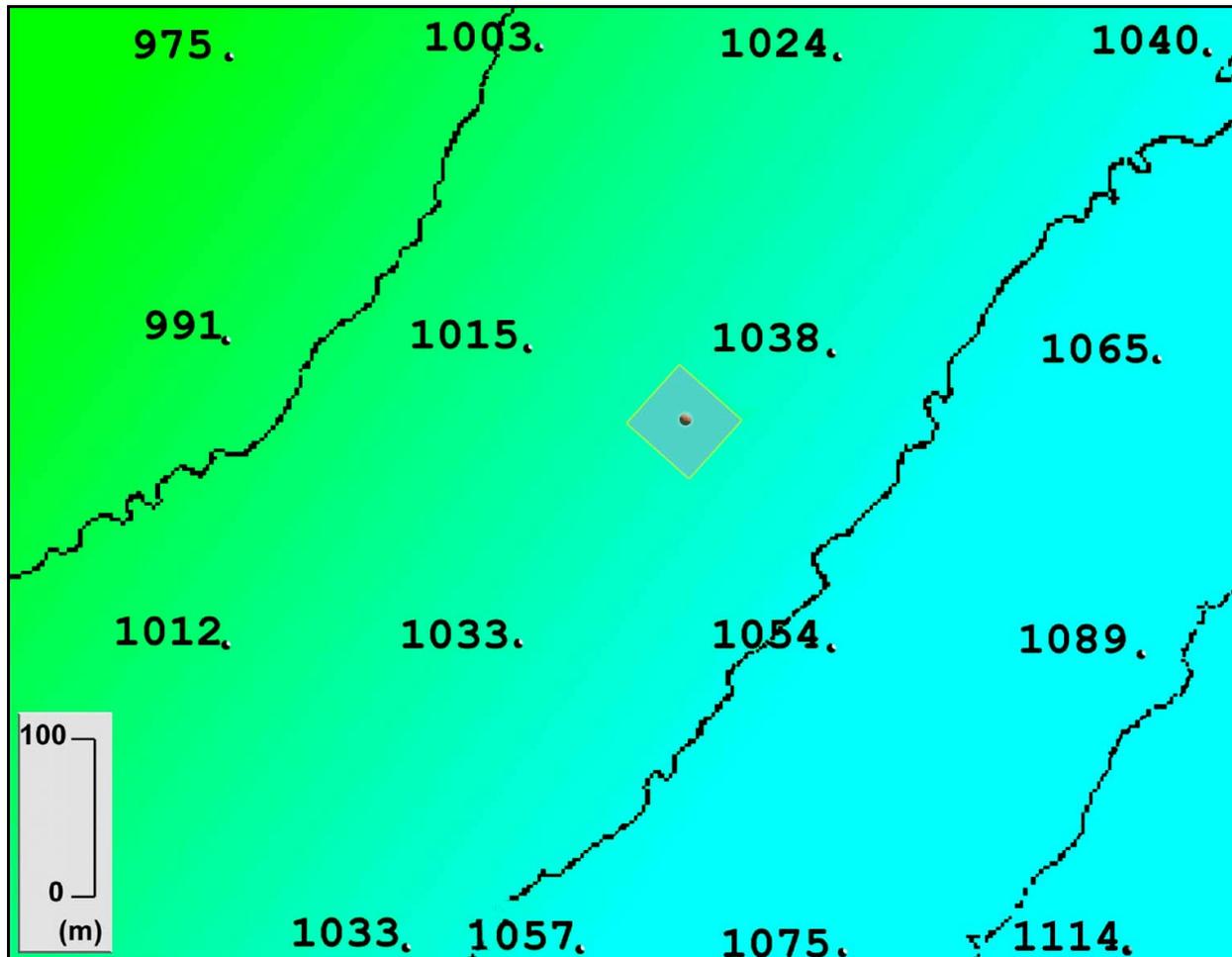
- Mercredi 7 janvier : mouillage d'une balise acoustique largable sur ce deuxième point à une profondeur de 820 m. Arrivée de *la Somme*. Conférence de presse.
- Jeudi 8 janvier : cérémonies pour les familles des victimes avec le navire pétrolier-ravitailleur *la Somme*. Appareillage de Marseille du *Janus II* affrété par la Marine nationale.
- Vendredi 9 janvier : passes effectuées par la frégate *Tourville* pour sonder les fonds sous-marins de cette zone peu cartographiée. Ecoutes des échos.
- Samedi 10 janvier : détection d'un écho nominal (audible dans toutes les directions) au sud des précédents (cf. point 3 sur la carte de la page précédente). Mesures de relèvements supplémentaires pour préciser la localisation.
- Lundi 12 janvier : première réunion à bord de l'*Ile de Batz* pour mettre en œuvre la stratégie des recherches. Passes sur la zone pour effectuer de relevés bathymétriques complémentaires pour affiner l'orientation des lignes de niveaux. Mise au point finale du ROV *Scorpio* embarqué peu de temps avant à Suez. Préparation de la salle de travail des enquêteurs (test room).

Mardi 13 janvier 2004



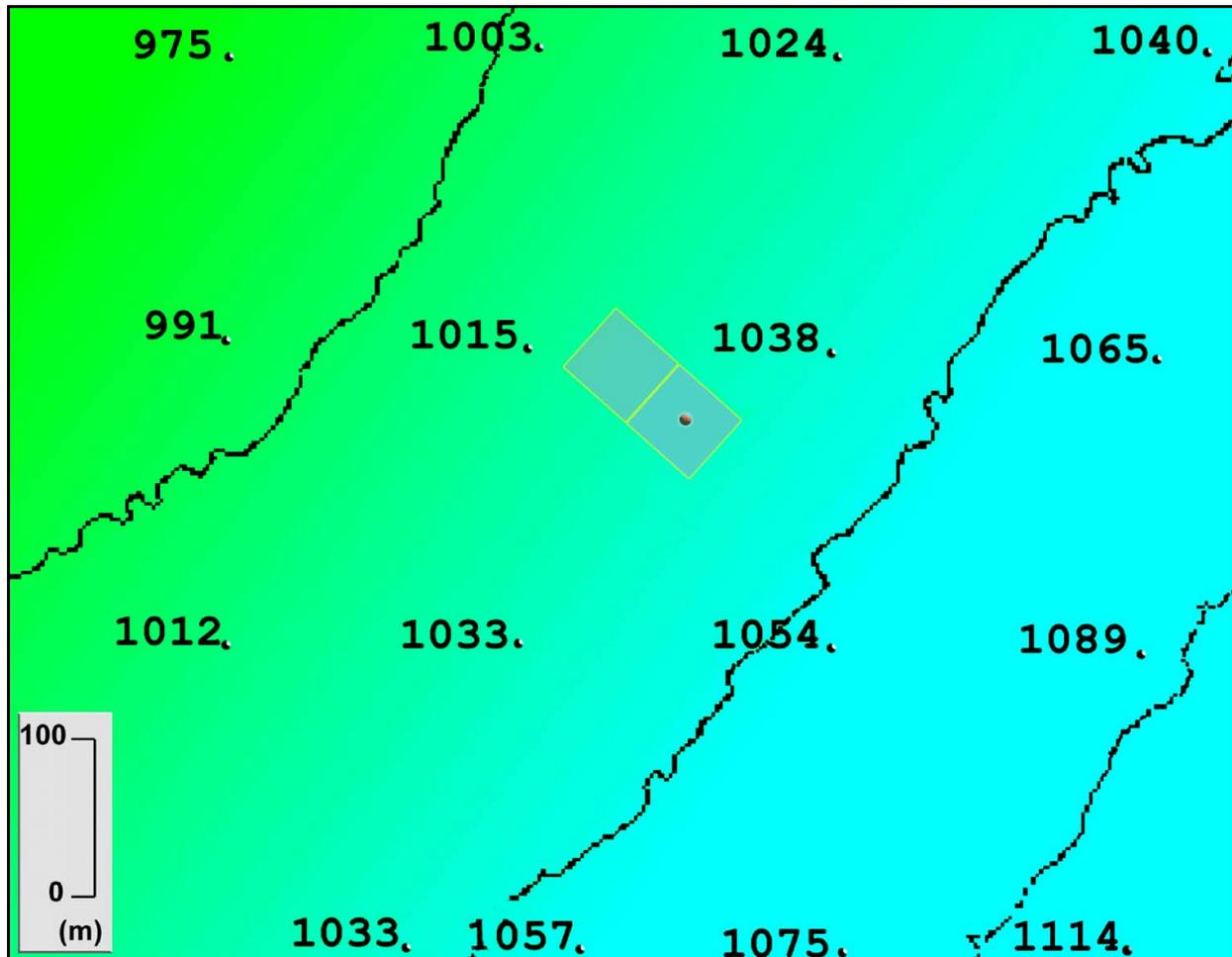
- Première mise à l'eau du ROV Scorpio (présentation à la presse) et tests préliminaires en immersion. Mise en oeuvre des procédures de travail et de coordination entre la passerelle, le poste de pilotage et la salle d'enquête.
- Définition d'un point de référence nommé « point zéro » (latitude 27°52'426 N; longitude 034°22'020 E) provenant des derniers résultats de triangulation menés par la Marine nationale.
- Plongée environnementale pour évaluer la nature des fonds, les courants, le relief, etc. ainsi que pour tester de façon opérationnelle le robot.
- Résultats de cette plongée : fond à 1 022 m relativement plat composé de sédiments compacts, bonne visibilité (limitée par la puissance d'éclairage), pas de courant, visualisation de très nombreux débris. Présence d'un requin vers mille mètres de profondeur.
- Départ de la frégate *Tourville*.

Mercredi 14 janvier 2004



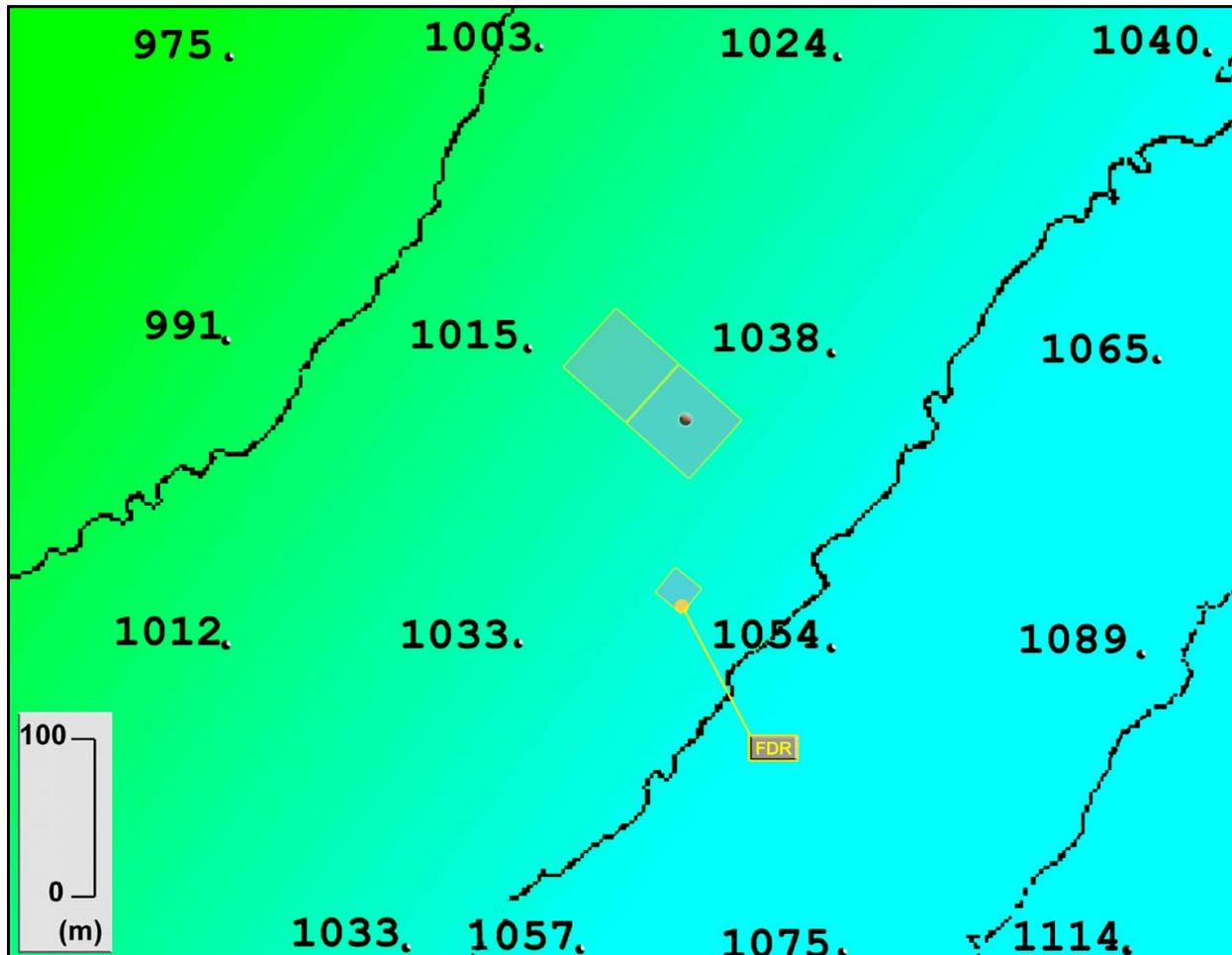
- Arrivée du système ACSA et mise en condition du matériel au port militaire. Prévision de positionnement dès le lendemain.
- Mise en place dans la salle de travail d'un système de re-visualisation des cassettes enregistrées par le ROV ainsi que d'une télévision grand écran.
- Définition d'une zone de recherche définie par un carré de cinquante mètres sur cinquante.
- Perte de l'acoustique USBL, interruption du travail du ROV.
- Identification de débris (parties de fuselage, de moteur, etc.)

Jeudi 15 janvier 2004



- Délimitation d'une zone de recherche adjacente (cinquante mètres par cinquante).
- Déplacement de l'*Ile de Batz* pour libérer la zone afin de mettre en place les balises dérivantes du système ACSA (sur le point Sud).
- Arrivée du *Beautemps-Beaupré* sur zone et sondages bathymétriques.
- Opération de maintenance sur le *Scorpio* à la suite d'une panne hydraulique.
- Finalisation de la procédure de remise des enregistreurs aux autorités égyptiennes (choix de la remise des enregistreurs du BEA à la commission d'enquête technique égyptienne sur le port militaire de Charm el-Cheikh).

Vendredi 16 janvier 2004



- Départ du pétrolier-ravitailleur *la Somme*.
- Transmission à l'île de Batz des résultats de la Bathymétrie du *Beautemps-Beaupré*.
- Plongée sur la zone ACSA, située à environ soixante-dix mètres plus au sud du point zéro. Définition d'un carré de vingt mètres sur vingt.
- Interruptions liées à des pertes de signaux acoustiques et à des problèmes hydrauliques.
- **18 h 45 : localisation visuelle du FDR**
 - **position : 27°52'3602 N / 034°22'0165 E**
- Début de remontée du ROV avec le FDR.
- ROV immobilisé à cent mètres en attente de la montée à bord des autorités égyptiennes pour officialiser la récupération de l'enregistreur.

Samedi 17 janvier 2004 (1/2)



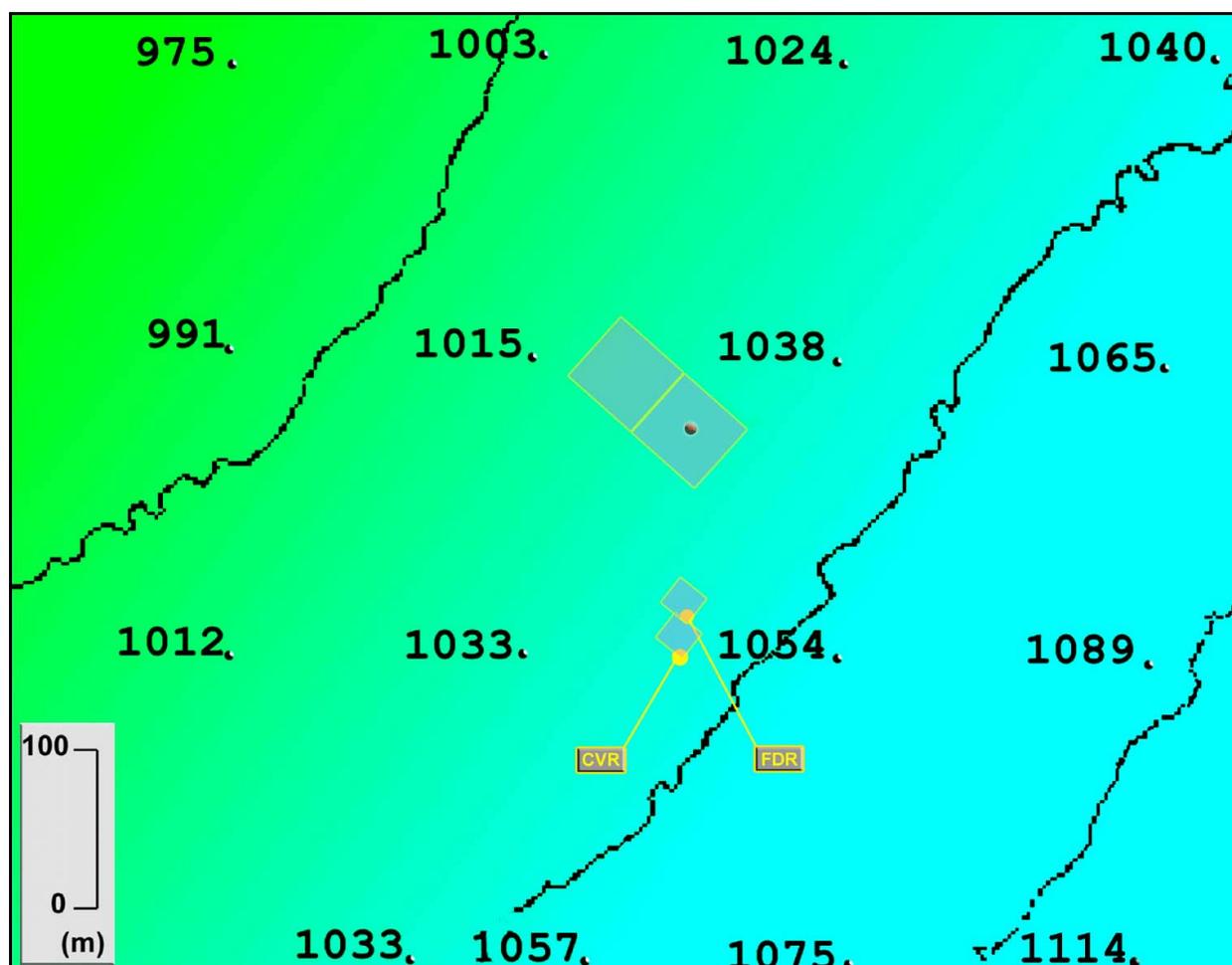
Récupération du FDR

- 2 h 00 Présence des autorités judiciaires égyptiennes dans le cadre de la CRI et de la commission d'enquête lors de la sortie de l'eau du ROV avec le FDR dans son panier.
- Remise officielle du FDR par le BEA à la commission d'enquête égyptienne sur le port de Charm el-Cheikh via les autorités judiciaires.



Transport du FDR (immergé)

Samedi 17 janvier 2004 (2/2)



- Maintenance et réparations du ROV, reprise de l'exploration sur la zone ACSA où le FDR a été trouvé.
- Probable identification de débris de cadre d'une porte arrière proche de l'emplacement des enregistreurs.
- Réunion stratégique sur la conduite à tenir pour la recherche du CVR (discussion des deux options possibles).
- Début de l'exploration d'un nouveau carré de vingt mètres par vingt adjacent au précédent et situé plus au sud.
- **20 h 30 : localisation visuelle du CVR**
 - **position : 27°52'3474 N / 034°22'0233 E**
- Récupération du CVR, celui-ci est plus endommagé que le FDR (balise ULB manquante). Attente des autorités officielles pour la sortie de l'eau.
- Arrivée du *Janus II* de la Comex.

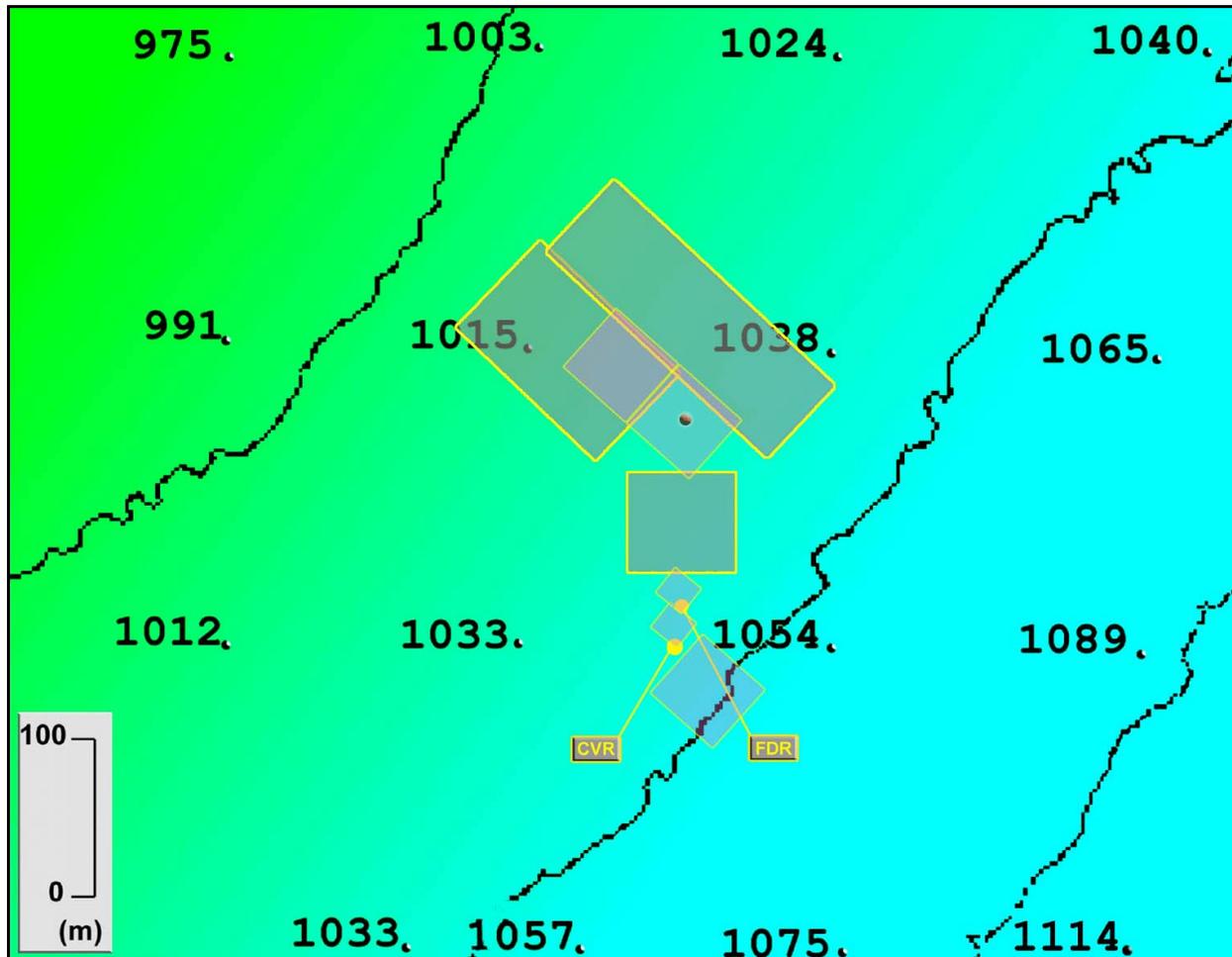
Dimanche 18 janvier 2004



Remontée du CVR

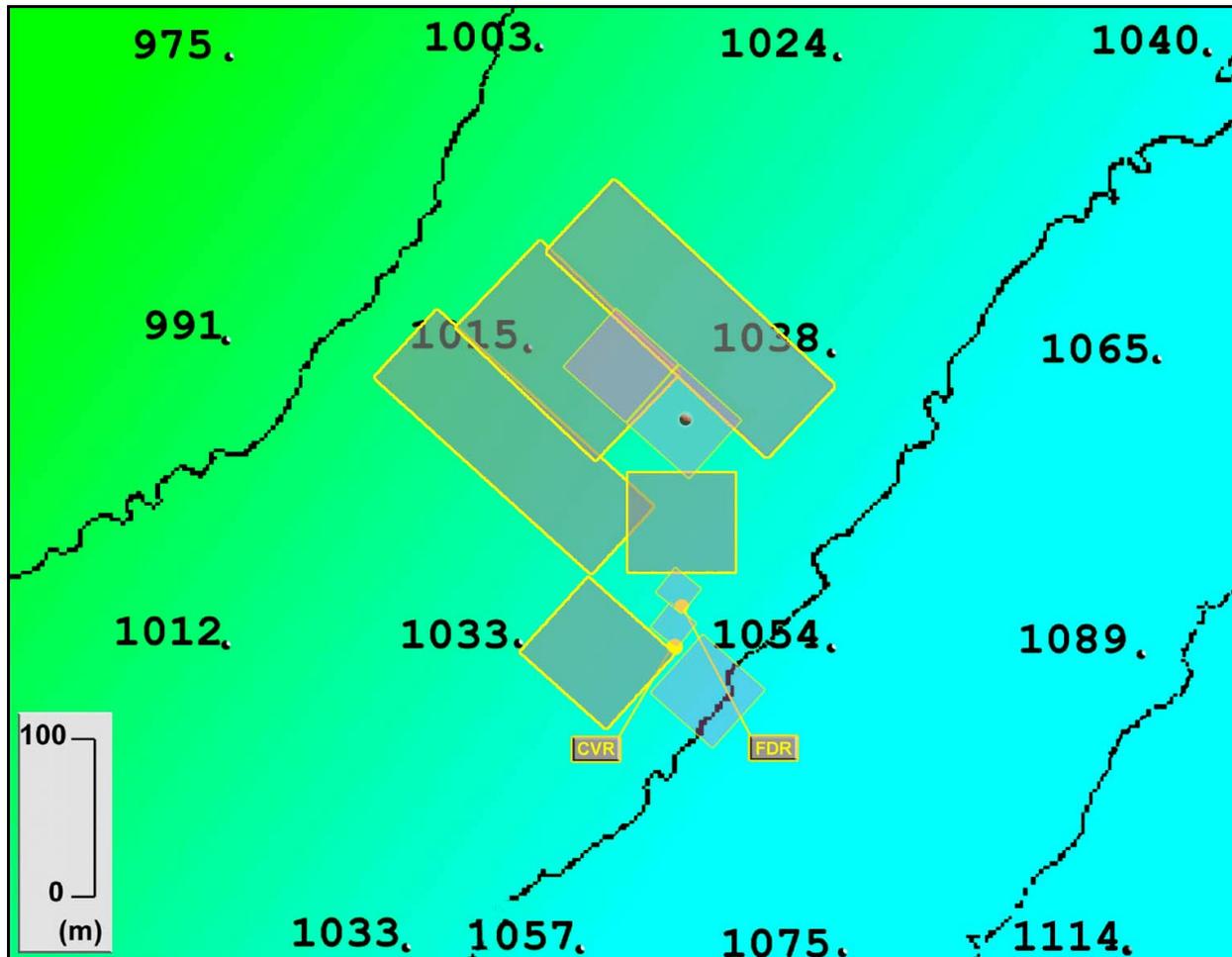
- 4 h 30 : ROV avec le CVR dans son panier sur le pont de l'*Ile de Batz* en présence des autorités égyptiennes et françaises (commission d'enquête et autorités judiciaires).
- Répartition des zones de recherches entre l'*Ile de Batz* et le *Janus II*.
- Accident marin impliquant le *Janus II* et un navire de la Marine égyptienne (conséquences : expertises, réparations et agrément Veritas).
- Courantométrie du *Beautemps-Beaupré* sur 24 heures à partir de 9 h 30
 - Observation de la structure verticale du courant au point fixe (27°52,7' N / 034°21,6' E)
- Plongée de test du Super Achille jusqu'à 1 014 m (mise au point de l'éclairage et des commandes)

Lundi 19 janvier 2004



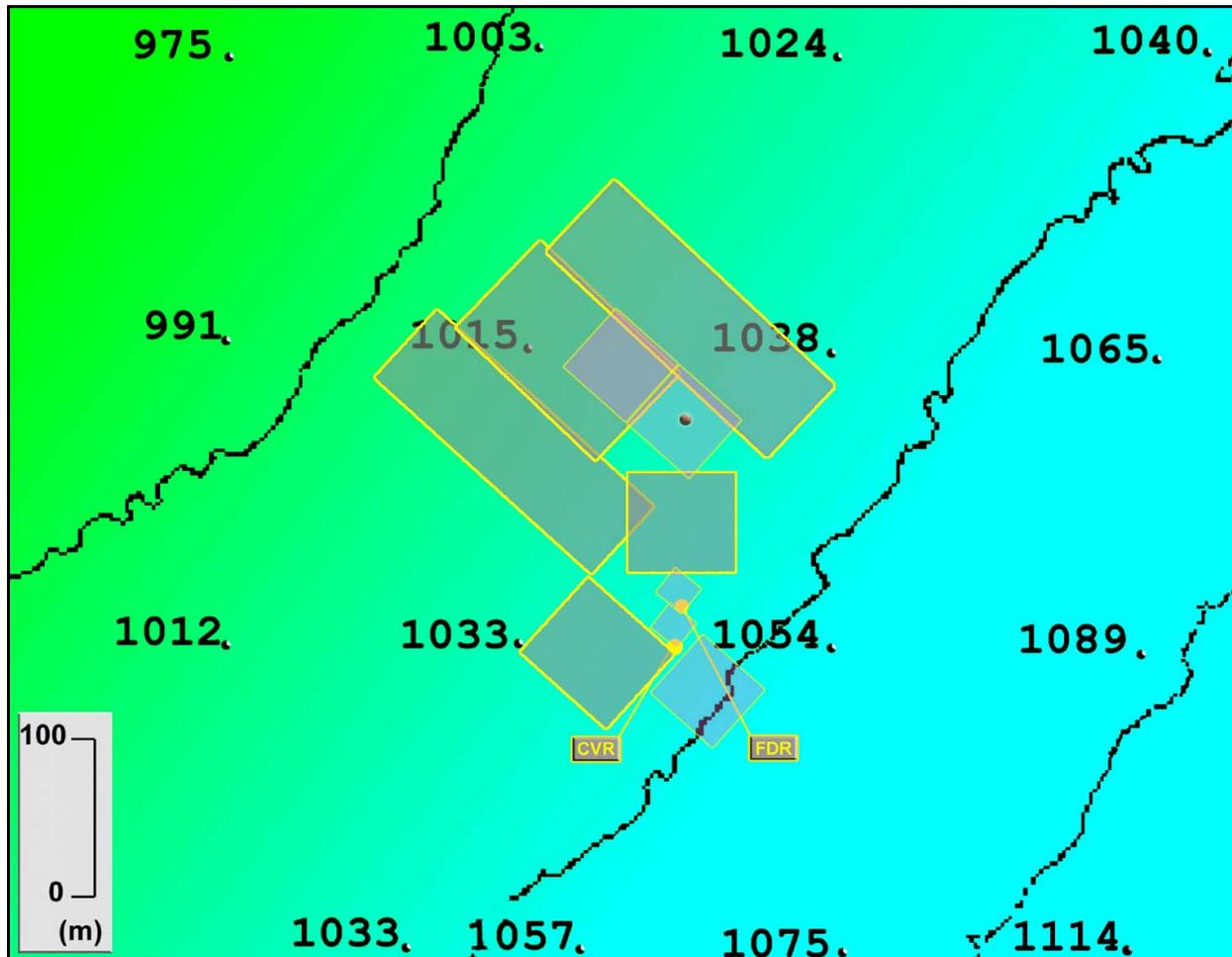
- Travail de cartographie des débris par le Janus et Scorpio.
- Scorpio : zone sud.
- Super Achille : zones nord.
- Découverte des moteurs et du train principal au sud des enregistreurs.

Mardi 20 janvier 2004



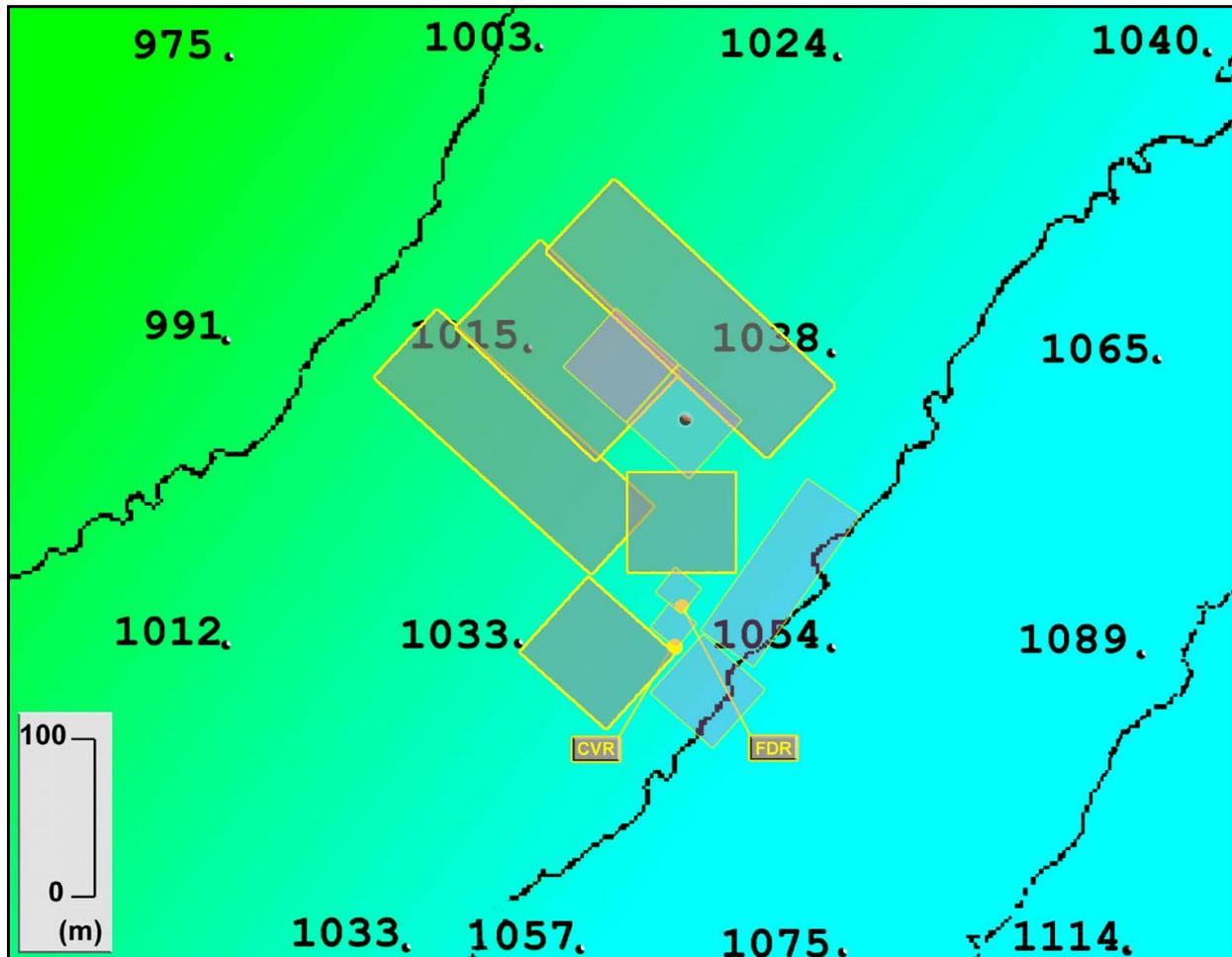
- Suite du travail de cartographie du Super Achille (délimitation de la zone des débris à l'ouest).
- Découverte d'éléments du poste de pilotage, du train avant, etc.
- Scorpio : situation d'inter-contrats.
- Coordination avec les enquêteurs au Caire, lecture et analyse préliminaire des premières données des enregistreurs.

Mercredi 21 janvier 2004



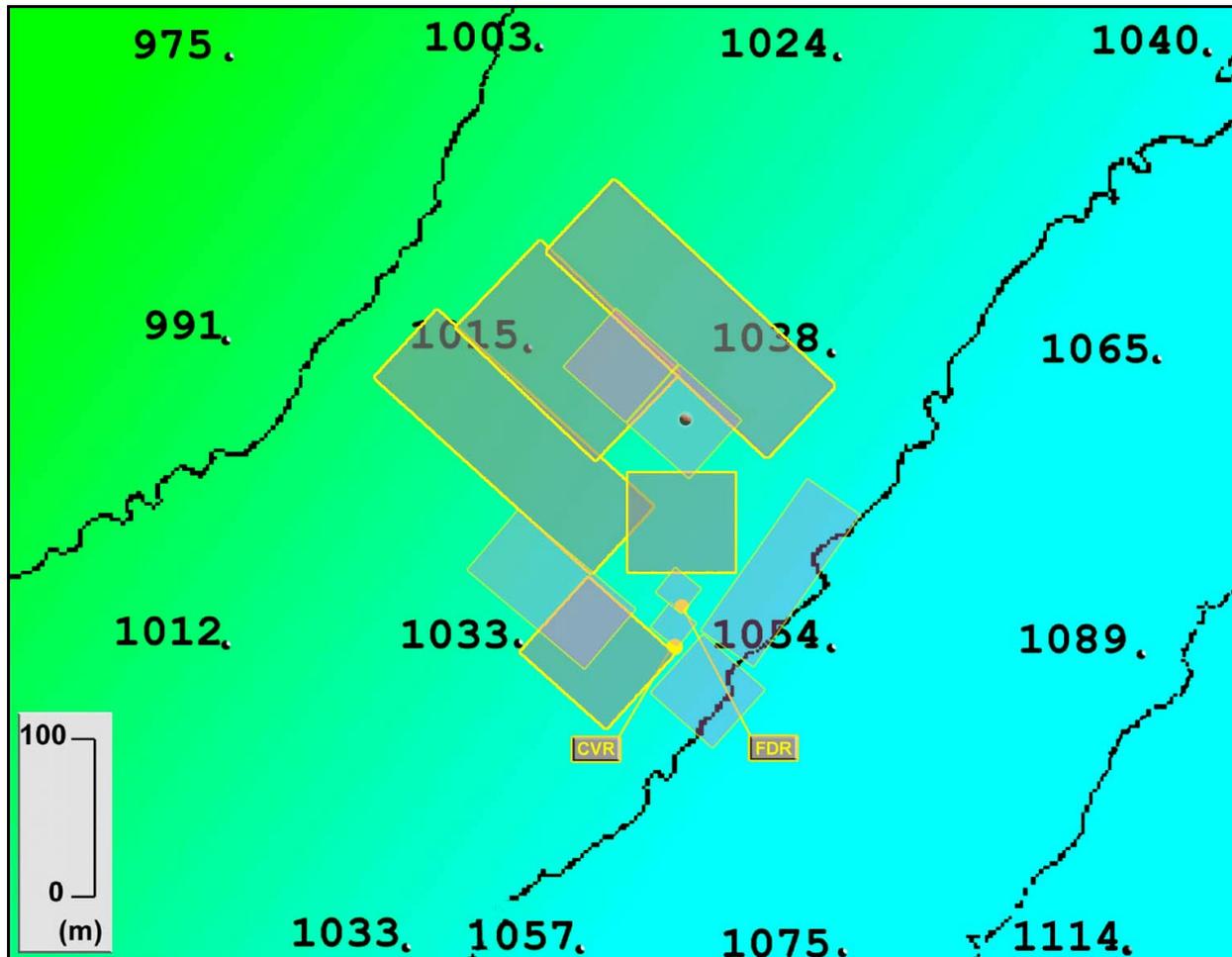
- Délimitation de la zone des débris par le Scorpio (fin du carré sud).
- Problèmes de compas et d'humidité dans le boîtier électronique du Scorpio.
- Décision de relevage de l'empennage ainsi que plusieurs pièces de l'avion en coordination avec les enquêteurs au Caire.
- Visite d'une délégation officielle franco-égyptienne dans le cadre de la CRI.
- Réparations à bord du *Janus II* à la suite d'un choc avec une vedette égyptienne (situation d'inter-contrats).
- Départ du personnel de la société ACSA, du matériel GIB et du matériel Cephismer (robot Achille, perche Helle).

Jeudi 22 janvier 2004



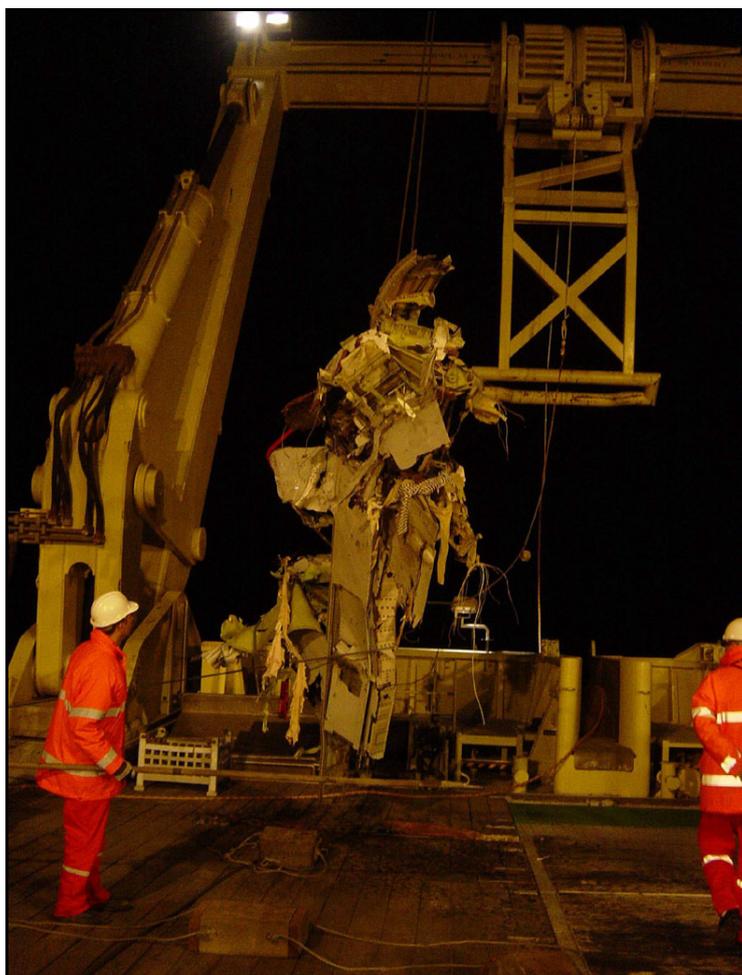
- Début de récupération de pièces liées au contrôle des surfaces de l'avion.
- Descente par l'*Ile de Batz* d'un panier de récupération.
- Expert Veritas à bord du *Janus II* (situation d'inter-contrats).
- Cartographie de la zone sud-est par le *Scorpio*.
- Départ du *Beautemps-Beaupré*.

Vendredi 23 janvier 2004

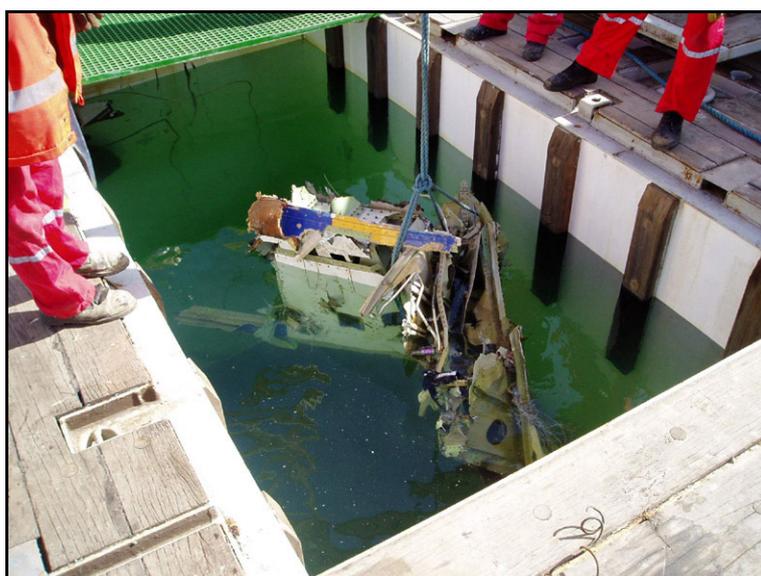


- Fermeture du port de Charm el-Cheikh en raison d'une tempête de sable, pas de navette entre le port et l'*Ile de Batz* (environ quarante nœuds de vent).
- Récupération de six pièces (RW4 → RW9) remontées par l'*Ile de Batz* (grand panier).
- Début de l'opération conjointe entre le *Janus II* et l'*Ile de Batz* du relevage d'une partie de l'empennage (partie de quatre mètres de long, référence photo T87).

Samedi 24 janvier 2004 (1/2)

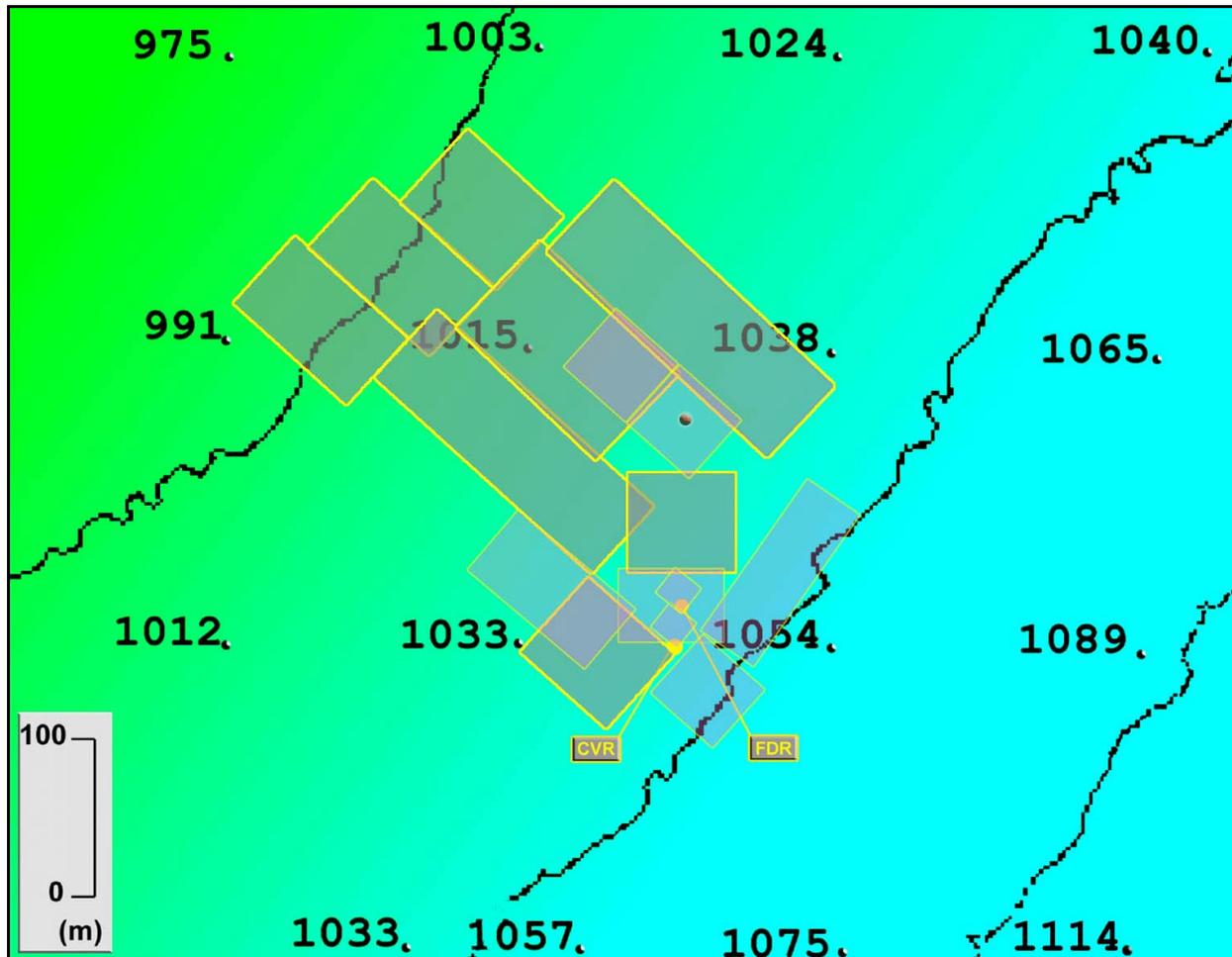


Remontée d'une partie du plan horizontal



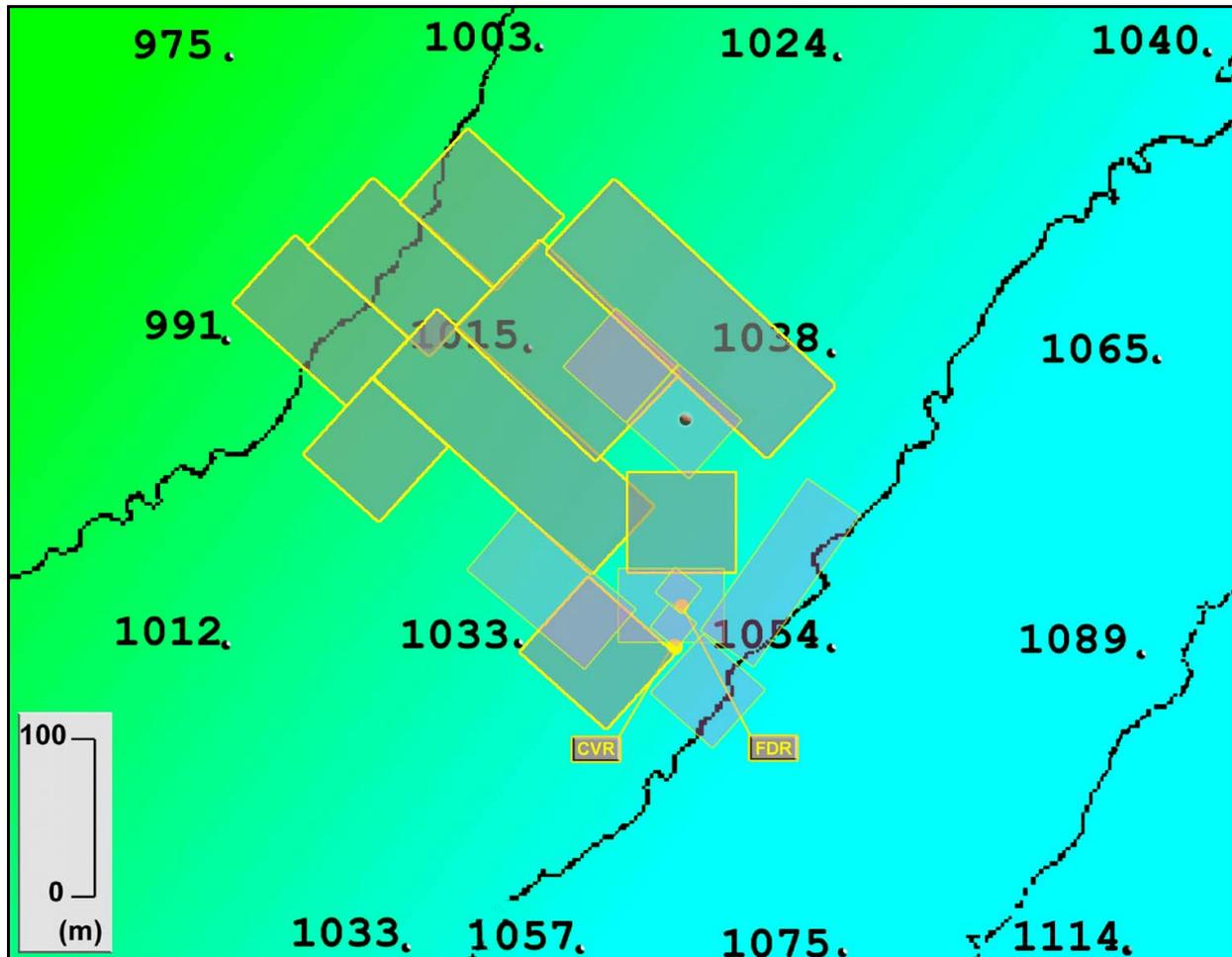
Conservation de la pièce dans une fosse remplie d'eau de mer

Samedi 24 janvier 2004 (2/2)



- Suite des opérations de cartographie (zone nord-ouest par le Super Achille et zone centrale par le Scorpio) et de relevage.
- Début de la récupération de la partie de dérive contenant les servocommandes (PCU actuator) ;
 - opération débutée par le Scorpio à l'aide de son bras mais interrompue en raison des dimensions et de la masse de l'objectif à remonter.

Dimanche 25 janvier 2004



- Préparation du matériel nécessaire à la remontée de la dérive (gueuse, balise acoustique, crochet, bas de ligne, etc.)
- Suite de la récupération de la partie de dérive ;
 - opération reprise par le Super Achille, utilisation d'un bas de ligne équipé d'un câble pour ceinturer la pièce.
- Transfert des pièces remontées par le Super Achille du *Janus II* vers l'*Ile de Batz* (référencement et conversation des débris).

Lundi 26 janvier 2004 (1/2)

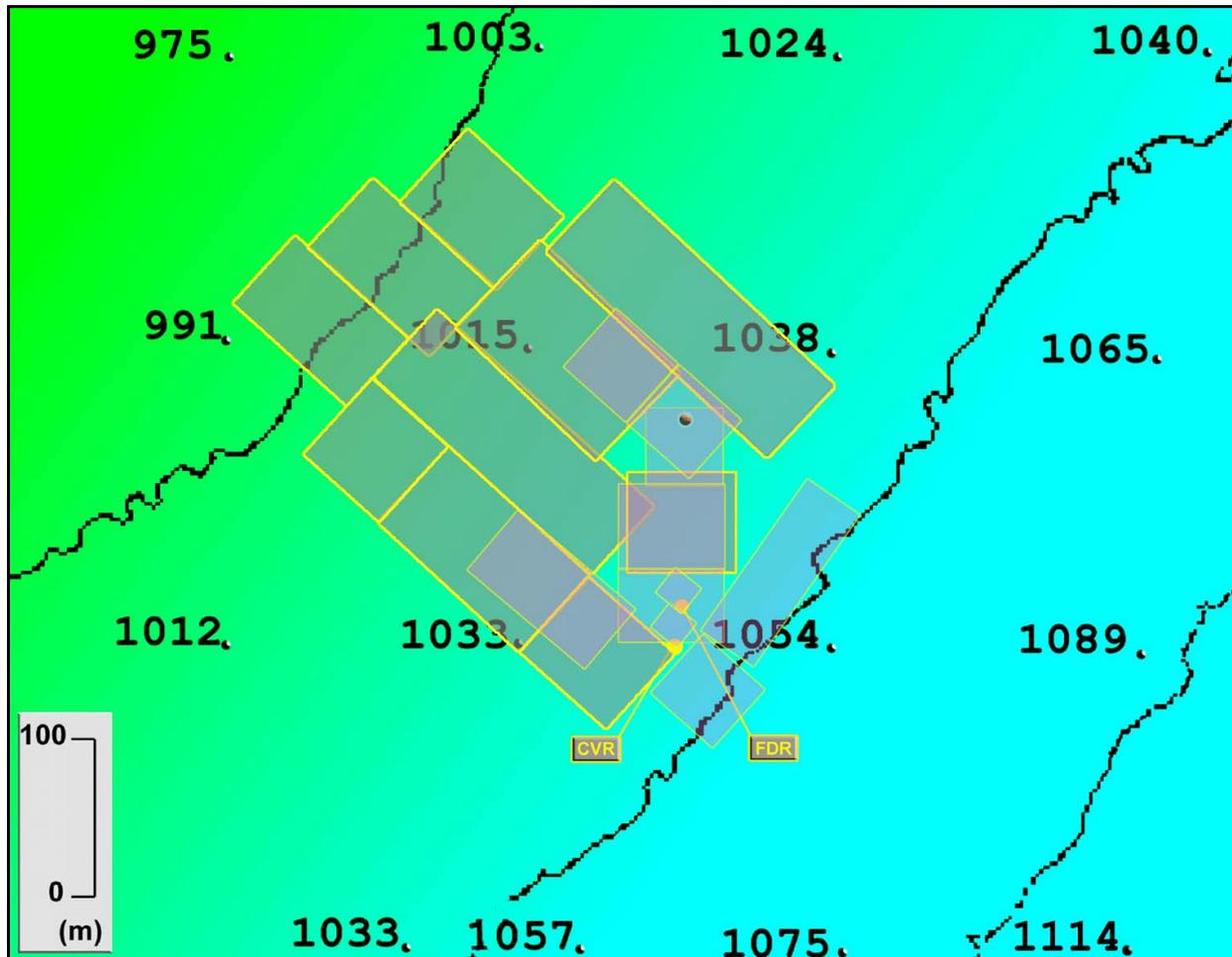


Travail rapproché des deux bateaux



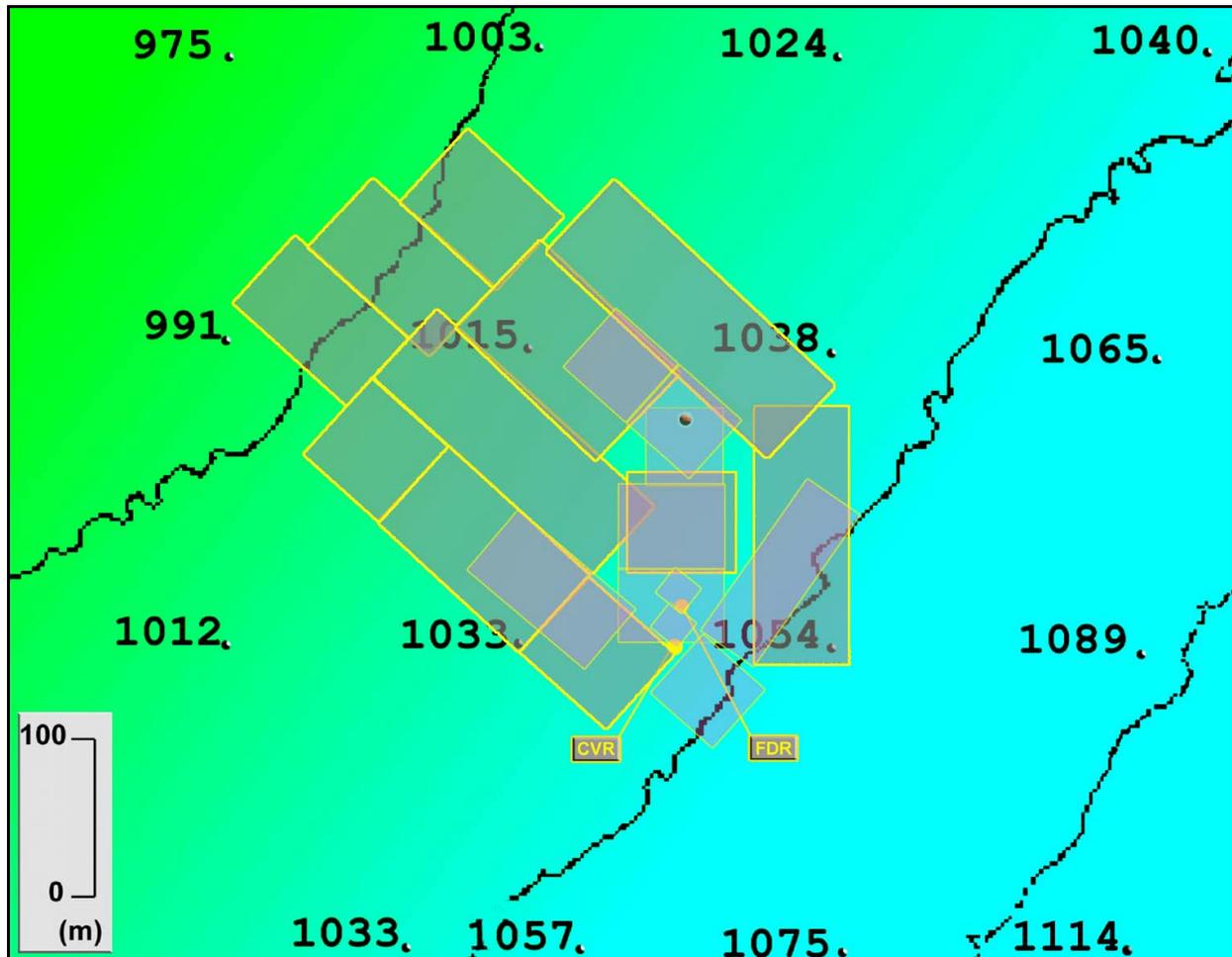
Récupération de la dérive

Lundi 26 janvier 2004 (2/2)



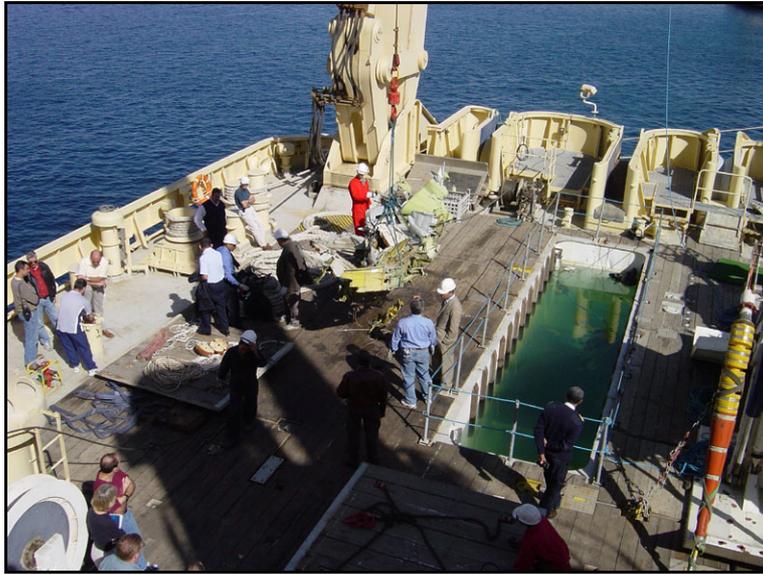
- Fin de la cartographie et du relevage de débris dans la zone sud-ouest.
- Déplacement du *Janus II* pour la récupération de débris déjà localisés et identifiés.

Mardi 27 janvier 2004 (1/2)

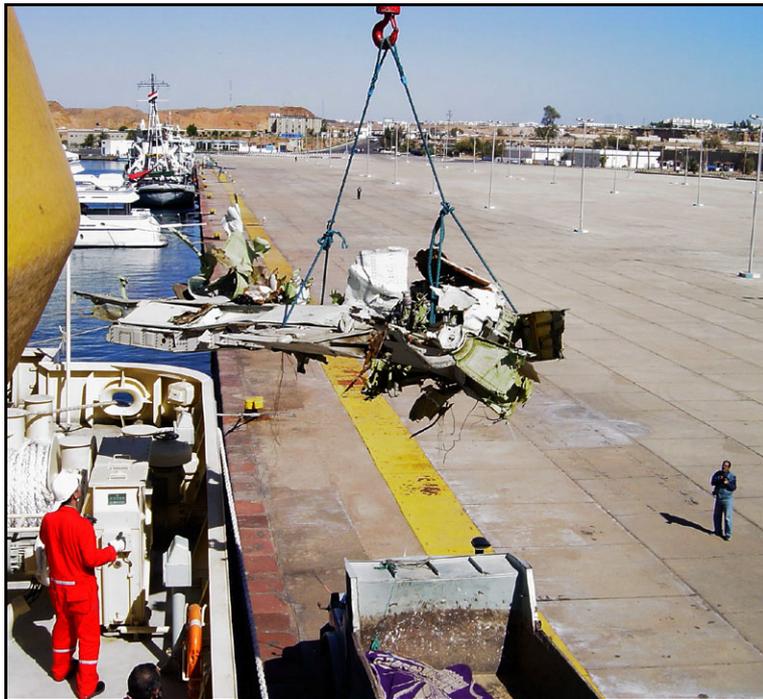


- Transfert de pièces du *Janus II* vers l'île de Batz.
- Fin des recherches de l'île de Batz, déchargement des pièces au port militaire de Charm el-Cheikh.
- *Janus II* : poursuite des opérations cartographie et de relevage à l'est de la zone des débris (délimitations est).
- Déplacement vers le sud pour une inspection de la zone des moteurs.

Mardi 27 janvier 2004 (2/2)

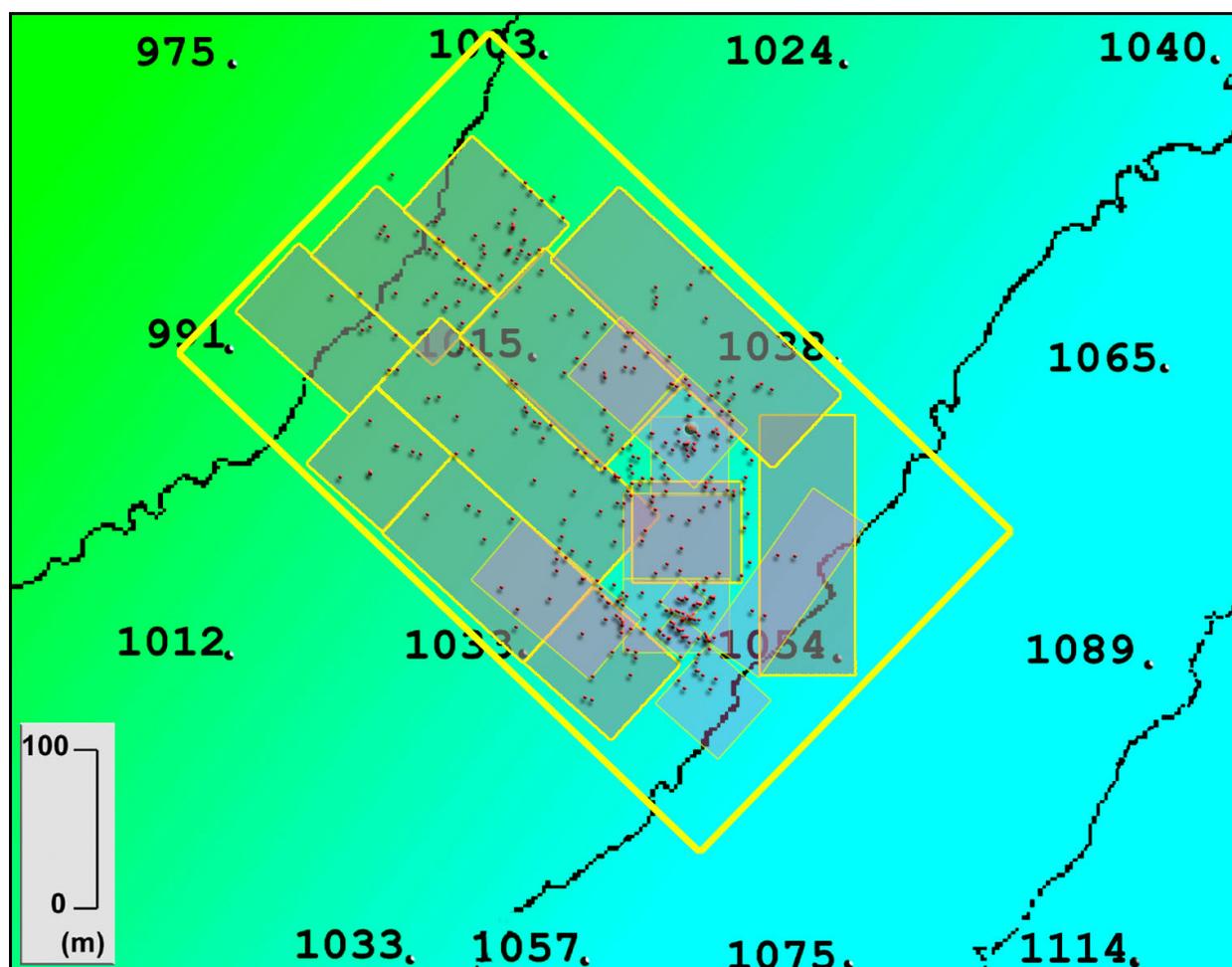


Fosse de conservation des pièces



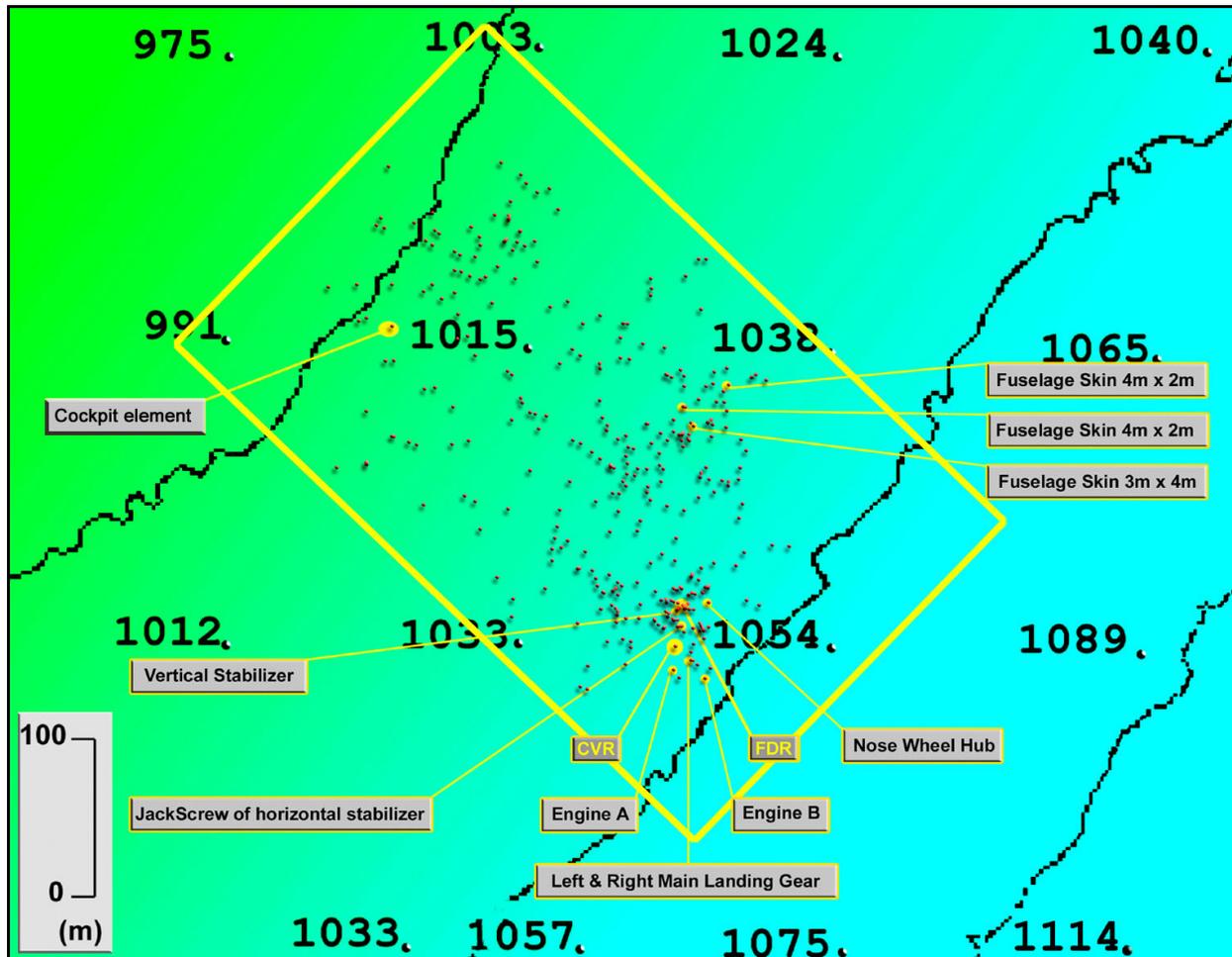
Opérations de déchargement

Délimitation du site



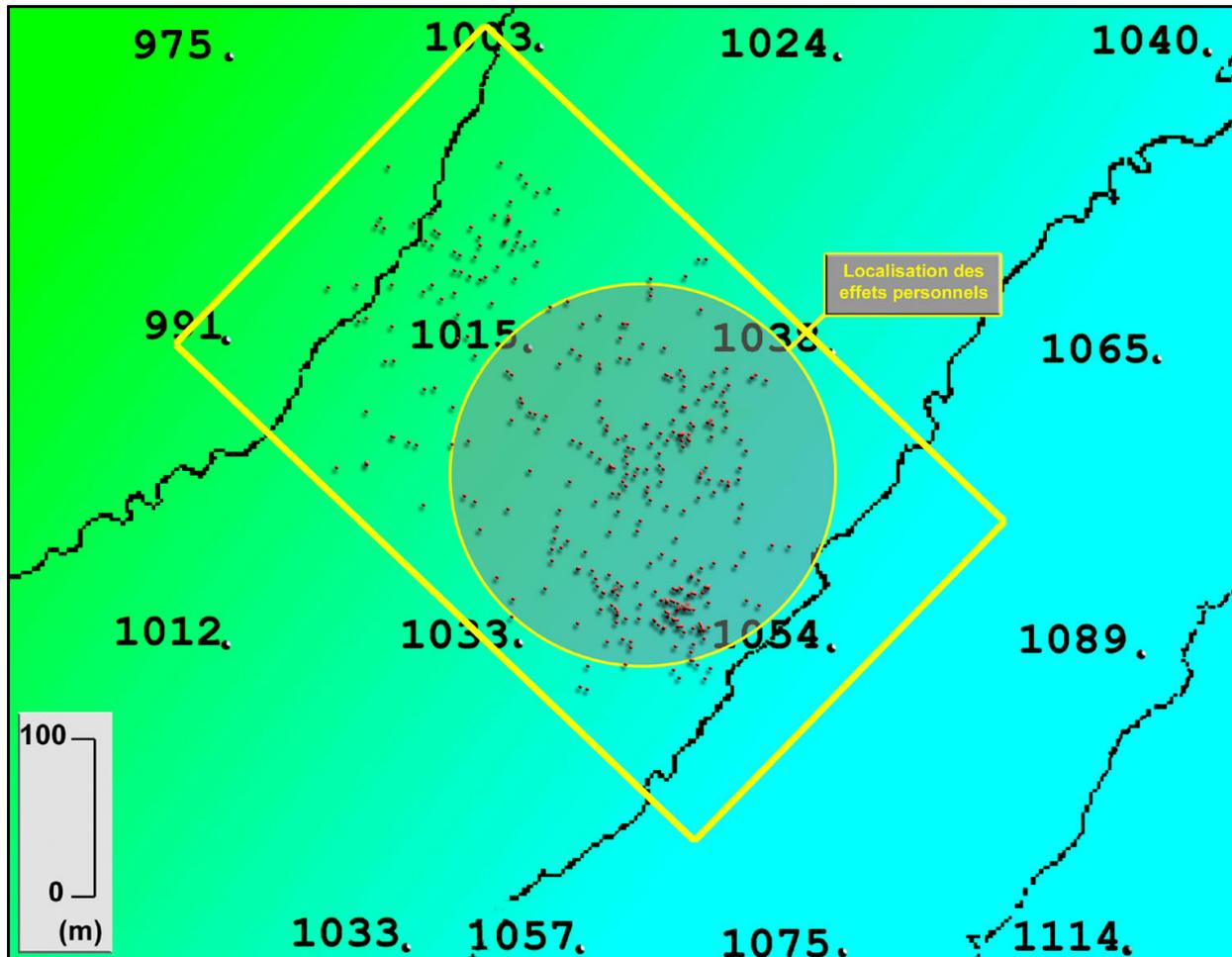
- Le site représente un rectangle de 275 m par 440 m et une superficie d'environ 121 000 m².

Répartition des débris



- Les pièces lourdes comme les moteurs et le train d'atterrissage se trouvent à proximité du point d'impact. Les débris plus légers se sont répartis en fonction du courant orienté vers le nord-est et du dernier cap de l'avion vers le nord-ouest.

Recherches du 28 janvier au 5 février



- 28 janvier 2004:
 - A partir du site, déplacement du ROV Super Achille en direction de la zone située autour du point ACSA Nord de coordonnées $27^{\circ}52.689' N$ $034^{\circ}21.933' E$, cette zone correspondant en principe à la localisation du pinger du CVR. Durant ce déplacement en contact visuel avec le fond aucun élément lié à l'accident n'a été repéré.
 - A partir de ce dernier point, prolongement de l'exploration en direction du point de coordonnées $27^{\circ}53.031' N$ $034^{\circ}21.825' E$
- Du 28 janvier au 5 février recherches complémentaires et récupération systématique des effets personnels.

Extrait de la base de données permettant le suivi sur place des recherches

| T# | latitude | longitude | description | action | Janus II photo reference |
|---------------------------------|----------|-----------|---|----------|---|
| Prime targets from Janus survey | | | | | |
| n/a | 52.4270 | 21.9890 | Pile of electrical wires beside T54 | look at | 2004-01-19-200844.JPG |
| n/a | 52.4160 | 21.9390 | not ident. | look at | 2004-01-20-120103.JPG |
| T1 | 52.4090 | 21.9915 | Mid flap | retrieve | |
| T2 | 52.4090 | 21.9900 | MLG door mecanisme | | |
| T3 | 52.4100 | 21.9900 | Passager seat frame | | |
| T4 | 52.4150 | 22.0440 | Fuselage skin | | |
| T5 | 52.4090 | 22.0280 | Seat frame | | |
| T6 | 52.4041 | 22.0103 | Fuselage skin | | |
| T7 | 52.4055 | 22.0258 | Fuselage skin | | |
| T8 | 52.4047 | 22.0293 | Mecanisme | | |
| T9 | 52.4040 | 22.0369 | Safety, life jacket and fuselage | look at | 2004-01-19-073927.JPG |
| T10 | 52.4047 | 22.0409 | Piece of wing surface | | |
| T11 | 52.4025 | 22.0367 | Aluminium with blue paint | | |
| T12 | 52.4043 | 22.0343 | Aluminium and electric cable | | |
| T13 | 52.4070 | 22.0260 | Piece of wing | | |
| T14 | 52.4084 | 22.0044 | Frame | | |
| T15 | 52.4060 | 21.9998 | Piece of passanger seat | | |
| T16 | 52.4040 | 21.9951 | Fuselage skin / windows | | |
| T17 | 52.4022 | 22.0050 | Windows frame | | |
| T18 | 52.3975 | 22.0057 | PSU | | |
| T19 | 52.3960 | 22.0425 | Skin | | |
| T20 | 52.3983 | 22.0253 | Lower skin | | |
| T21 | 52.4002 | 22.0045 | Fuselage skin | | |
| T22 | 52.4025 | 21.9963 | Seat frame | | |
| T23 | 52.3997 | 21.9934 | Fuselage Skin | | |
| T24 | 52.4004 | 22.0312 | Metal Disk (engine) | | |
| T25 | 52.3954 | 22.0124 | Composite piece. Belt and tissue | | |
| T26 | 52.3937 | 22.0193 | Metal Piece | | |
| T27 | 52.3910 | 22.0410 | Fuselage and windows | | |
| T28 | 52.3936 | 21.9933 | spoiler actuator attached to portion of the wing spar | retrieve | 2004-01-19-094158.JPG, 2004-01-20-170624.JPG, 2004-01-20-170615.JPG |
| T29 | 52.3840 | 22.0161 | Wing access panel | | |
| T30 | 52.3750 | 22.0060 | Composity panel | | |
| T31 | 52.3861 | 21.9899 | Rear part of fuselage | | |
| T32 | 52.3865 | 22.0006 | Pylon | | |
| T33 | 52.3750 | 22.0310 | Lower body skin | | |
| T34 | 52.3788 | 22.0431 | fit. Cont. cable drum | retrieve | 2004-01-19-112045.JPG |
| T35 | 52.4380 | 22.0280 | Fuselage skin | | |
| T36 | 52.4400 | 22.0520 | Fuselage skin with "Cut here" indicated | | |
| T37 | 52.4420 | 22.0480 | look under | look at | 2004-01-19-132940.JPG, 2004-01-19-133012.JPG |
| T38 | 52.4260 | 22.0300 | Composite panel fixed te Wing pilot | | |
| T39 | 52.4190 | 22.0420 | handle skin | | |
| T40 | 52.4420 | 22.0120 | Wing | look at | 2004-01-19-160043.JPG, 2004-01-19-155924.JPG |
| T41 | 52.4650 | 22.0260 | RIB horizontal stabilizer | | |
| T42 | 52.4530 | 22.0030 | Fuselage section with "FLASH" text | retrieve | 2004-01-19-162335.JPG, 2004-01-19-163724.JPG, 2004-01-19-163717.JPG |
| T43 | 52.4830 | 22.0280 | Upper fuselage part | | |
| T44 | 52.4550 | 21.9940 | Forward entry door frame | | |
| T45 | 52.4700 | 22.0060 | Part with number | | |
| T46 | 52.4770 | 22.0200 | Fuselage part with a door cutout | | |
| T47 | 52.4760 | 22.0060 | Fuselage part "Brew handle must be in down position during taxi, take off, turbulence and landing" | | |
| T48 | 52.4600 | 21.9950 | Leading edge slat with part of wing | retrieve | 2004-01-19-193417.JPG |
| T49 | 52.4120 | 21.9860 | Lower wing scan with leading slat panel | | |
| T50 | 52.4244 | 22.0042 | Skin | | |
| T51 | 52.4191 | 21.9929 | Skin | | |
| T52 | 52.4240 | 21.9890 | Leading edge slat with one actuator attached | retrieve | 2004-01-19-195521.JPG |
| T53 | 52.4146 | 21.9826 | Nose landing gear assembled | | |
| T54 | 52.4266 | 21.9869 | Main Equipment Center skin door | look at | 2004-01-19-201051.JPG, 2004-01-19-201214.JPG |

Exemple de photos sous-marines référencées



2004-01-19-073927.JPG



2004-01-19-094158.JPG



2004-01-19-112045.JPG



2004-01-19-132940.JPG



2004-01-19-133012.JPG



2004-01-19-160043.JPG



2004-01-19-163717.JPG



2004-01-19-163724.JPG



2004-01-19-193417.JPG



2004-01-19-195521.JPG



2004-01-19-200844.JPG



2004-01-19-201051.JPG



2004-01-19-201214.JPG



2004-01-19-230124.JPG



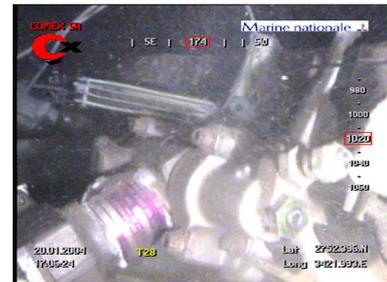
2004-01-19-230150.JPG



2004-01-19-232047.JPG



2004-01-20-120103.JPG



2004-01-20-170624.JPG



2004-01-25-191140.JPG



2004-01-26-232407.JPG



2004-01-26-232443.JPG



2004-01-27-170929.JPG



2004-01-27-172611.JPG



2004-01-27-173619.JPG



Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la Sécurité de l'Aviation civile

www.bea.aero

Bâtiment 153
Aéroport du Bourget
93352 Le Bourget Cedex FRANCE
Tél. : 33 1 49 92 72 00
Fax : 33 1 49 92 72 03