



*Accident  
survenu le 24 mars 2001  
à Saint-Barthélemy (971)  
à l'avion DHC-6-300  
immatriculé F-OGES  
exploité par Caraïbes Air Transport*

**RAPPORT**

**f-es010324**



## **A V E R T I S S E M E N T**

*Ce rapport exprime les conclusions du BEA sur les circonstances et les causes de cet accident.*

*Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, à la Directive 94/56/CE et au Code de l'Aviation civile (Livre VII), l'enquête n'est pas conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.*

*En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.*

# Table des matières

<b>AVERTISSEMENT</b>	<b>2</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>6</b>
<b>SYNOPSIS</b>	<b>7</b>
<b>ORGANISATION DE L'ENQUETE</b>	<b>8</b>
<b>1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE</b>	<b>9</b>
1.1 Déroulement du vol	9
1.2 Tués et blessés	10
1.3 Dommages à l'aéronef	10
1.4 Autres dommages	10
<b>1.5 Renseignements sur le personnel</b>	<b>10</b>
1.5.1 Equipage de conduite	10
1.5.1.1 Commandant de bord	10
1.5.1.2 Copilote	11
1.5.2 Personnel au sol	12
1.5.2.1 Agent AFIS	12
<b>1.6 Renseignements sur l'aéronef</b>	<b>12</b>
1.6.1 Cellule	12
1.6.2 Moteurs	14
1.6.3 Hélices	14
1.6.4 Masse et centrage	14
1.6.5 Entretien	15
<b>1.7 Renseignements météorologiques</b>	<b>15</b>
1.7.1 Situation générale	15
1.7.2 Situation sur l'aérodrome	16
<b>1.8 Aides à la navigation</b>	<b>16</b>
<b>1.9 Télécommunications</b>	<b>16</b>
1.9.1 Radiocommunications avec l'aérodrome de Saint-Martin Juliana	16
1.9.2 Radiocommunications avec l'aérodrome de Saint-Barthélemy	17
<b>1.10 Renseignements sur l'aérodrome</b>	<b>17</b>
1.10.1 Eléments statistiques	18
1.10.2 Procédure d'atterrissage en piste 10	19

<b>1.11 Enregistreurs de bord</b>	<b>19</b>
<b>1.12 Renseignements sur l'impact et sur l'épave</b>	<b>19</b>
1.12.1 L'impact	19
1.12.2 L'épave	20
<b>1.13 Renseignements médicaux et pathologiques</b>	<b>21</b>
<b>1.14 Incendie</b>	<b>21</b>
<b>1.15 Questions relatives à la survie des occupants</b>	<b>21</b>
<b>1.16 Essais et recherches</b>	<b>22</b>
1.16.1 Examen de l'ensemble propulsif	22
1.16.1.1 Les moteurs	22
1.16.1.2 Les hélices	22
1.16.1.3 Les manettes de puissance	22
1.16.1.4 Les indicateurs de paramètres moteurs	22
1.16.1.5 Synthèse des examens	23
1.16.2 Exploitation d'un film retrouvé dans l'épave	23
1.16.2.1 Positionnement et attitude de l'avion	23
1.16.2.1.1 Positionnement latéral	24
1.16.2.1.2 Attitude de l'aéronef	24
1.16.2.2 Fonctionnement des ensembles propulsifs	24
1.16.3 Mesures sur DHC-6	27
1.16.3.1 Observations sur les vols	28
1.16.3.1.1 La trajectoire	28
1.16.3.1.2 Conduite du vol	28
1.16.3.1.3 Ergonomie des manettes de puissance	29
1.16.3.2 Comparaison avec le film retrouvé dans l'épave	29
1.16.3.2.1 Positionnement du F-OGES	29
1.16.3.2.2 Régime moteur	30
1.16.4 Etude orographique dans l'axe d'approche	30
1.16.4.1 Effets d'un vent de secteur 120°	30
1.16.4.2 Effets d'un arasement partiel de la butte rocheuse	30
1.16.5 Principe de régulation des hélices	31
1.16.6 Prévention du passage en plage inverseur bêta au cours du vol	32
<b>1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion</b>	<b>33</b>
1.17.1 Caribéenne des Transports Aériens - Air Caraïbes	33
1.17.2 Caraïbes Air Transport	33
<b>1.18 Renseignements supplémentaires</b>	<b>33</b>
1.18.1 Formation et contrôles dispensés par Air Caraïbes	33
1.18.2 Témoignages	33
1.18.2.1 L'agent AFIS	34
1.18.2.2 Le superviseur d'Air Caraïbes	34
1.18.2.3 Un pilote instructeur	35
1.18.2.4 Le directeur de Caraïbes Air Transport	35
1.18.2.5 Un mécanicien	36
1.18.2.6 Le responsable de l'entretien à Air Caraïbes	36
1.18.2.7 Divers habitants	36
1.18.2.8 Un commandant de bord	37
1.18.2.9 Un pilote retraité	37
1.18.2.10 Deux passagers	37

1.18.2.11 Un mécanicien de Winair	37
1.18.3 Exigences réglementaires relatives à l'expérience récente	38
1.18.4 Exigences opérationnelles relatives à Saint-Barthélemy	38
1.18.5 Actions de l'équipage en approche et à l'atterrissage	39
1.18.6 Mesures prises depuis l'accident	40
1.18.7 Passages en plage inverseur bêta en vol	40
1.18.8 Accident aux Etats-Unis d'un CASA C-212	41
1.18.9 Validité de la licence du commandant de bord	41
<b>2 - ANALYSE</b>	<b>42</b>
<b>Point sur les constatations</b>	<b>42</b>
<b>2.1 Eléments de contexte opérationnel</b>	<b>42</b>
2.1.1 Expérience des deux pilotes	42
2.1.2 Contexte du vol	43
2.1.3 Relations au sein de l'équipage	43
2.1.4 Les vols courts et répétitifs	44
2.1.5 Difficulté de l'approche en piste 10	44
2.1.6 Confusion entre « plage bêta » et « plage inverseur bêta »	44
<b>2.2 Arbre des hypothèses</b>	<b>45</b>
2.2.1 Le facteur déclenchant est d'origine extérieure à l'équipage	45
2.2.2 Le facteur déclenchant est lié à une action de l'équipage	46
2.2.2.1 Action involontaire	47
2.2.2.2 Action volontaire	47
2.2.2.2.1 Action volontaire correspondant à une manœuvre normale	47
2.2.2.2.2 Action volontaire correspondant à une manœuvre non prévue	48
<b>3 - CONCLUSION</b>	<b>50</b>
<b>3.1 Faits établis par l'enquête</b>	<b>50</b>
<b>3.2 Causes probables de l'accident</b>	<b>51</b>
<b>4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE</b>	<b>52</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b>	<b>54</b>

# Glossaire

AFIS	Service d'information de vol d'aérodrome
CAT	Caraïbes Air Transport
CEMPN	Centre d'expertise médicale du personnel navigant
CMAC	Conseil médical de l'aéronautique civile
CVR	Enregistreur phonique
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
FDR	Enregistreur de paramètres
hPa	hectoPascal
JAA	Joint Aviation Authorities
Kt	Nœud
MHz	Mégahertz
Nm	Mille marin
OPS 1	Réglementation opérationnelle du transport public
PF	Pilote en fonction
PNF	Pilote non en fonction
PPP	Plein petit pas
Psi	Livre par pouce carré
QNH	Calage altimétrique requis pour lire au sol l'altitude de l'aérodrome
Shp	Cheval vapeur sur arbre
Tr/min	Tours par minute
TRTO	Organisme de formation agréé pour les qualifications de type
VFR	Règles de vol à vue
Vi	Vitesse indiquée

## SYNOPSIS

### Date de l'accident

Samedi 24 mars 2001 à 20 h 28<sup>(1)</sup>

### Aéronef

Avion De Havilland DHC-6-300  
immatriculé F-OGES

### Lieu de l'accident

Saint-Barthélemy (971)  
Lieu-dit Public

### Propriétaire

Air Vendée Investissements SA

### Nature du vol

Transport public de passagers  
Vol régulier TX 1501  
Saint-Martin Saint-Barthélemy

### Exploitant

Caraïbes Air Transport

### Personnes à bord

2 pilotes  
17 passagers

### Résumé

Le vol TX 1501 en provenance de l'île de Saint-Martin est en finale pour la piste 10 de l'aérodrome de Saint-Barthélemy. Alors qu'il s'approche du col de la Tourmente, l'avion part en virage prononcé à gauche et pique vers le sol. Il s'écrase à proximité d'une habitation et s'embrase.

### Conséquences

	<b>Tués</b>	<b>Blessés</b>	<b>Indemnes</b>	<b>Matériel</b>
Equipage	2	-	-	détruit
Passagers	17	-	-	
Tiers	1	-	-	

Une maison détruite.

<sup>1</sup> Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y retrancher quatre heures pour obtenir l'heure sur l'île de Saint-Barthélemy le jour de l'accident ou d'y ajouter une heure pour obtenir l'heure en France métropolitaine.

## ORGANISATION DE L'ENQUETE

Le BEA a été informé de l'accident le 24 mars 2001 vers 22 h 00, heure de Paris. Deux enquêteurs de première information ont été désignés. Le 25 mars, quatre enquêteurs techniques du BEA sont partis pour Pointe-à-Pitre. A leur arrivée, ils ont rencontré les responsables locaux de l'Aviation Civile et les autorités responsables de l'enquête judiciaire. Ils ont également pris contact avec la cellule de crise mise en place dans les locaux de l'aéroport de Pointe-à-Pitre et avec la compagnie Air Caraïbes. Le lendemain, ils se sont rendus sur le site de l'accident, en coordination avec les responsables de l'enquête judiciaire.

Conformément aux dispositions internationales, l'avion étant de construction canadienne, le BEA a invité son homologue canadien, le Bureau de la Sécurité des Transports (BST), à participer à l'enquête en nommant un représentant accrédité. Celui-ci a rejoint l'enquêteur désigné le mardi 27 mars, accompagné de deux conseillers appartenant respectivement aux constructeurs De Havilland Bombardier et Pratt & Whitney Canada. Ultérieurement, un correspondant du National Transportation Safety Board des Etats-Unis (NTSB) a été associé à l'enquête, avec un conseiller de la société Hartzell, constructeur des hélices.

Au cours de la première phase, les travaux suivants ont été réalisés sur place :

- examen du site et de l'épave ;
- détermination de la trajectoire finale ;
- recueil des témoignages à Saint-Barthélemy et sur l'aérodrome de départ ;
- recueil des informations disponibles concernant l'aéronef et son exploitation, l'équipage, la météorologie ainsi que la circulation aérienne ;
- prélèvement en vue d'examen ultérieurs de certains éléments significatifs de l'épave, préalablement placés sous scellés judiciaires.

Le 6 août 2001, un rapport d'étape faisant le point de l'enquête a été publié. A cette occasion, une recommandation de sécurité a été émise.

Au cours de l'enquête, les travaux suivants ont été réalisés :

- examens techniques et analyses des éléments prélevés ;
- étude et analyse des témoignages recueillis ;
- analyse du film contenu dans une caméra vidéo retrouvée dans les décombres ;
- enregistrements sonores et vidéo de plusieurs séquences au sol et en vol à bord d'un avion du même type sur la zone de l'accident et en métropole ;
- étude sur les facteurs humains.

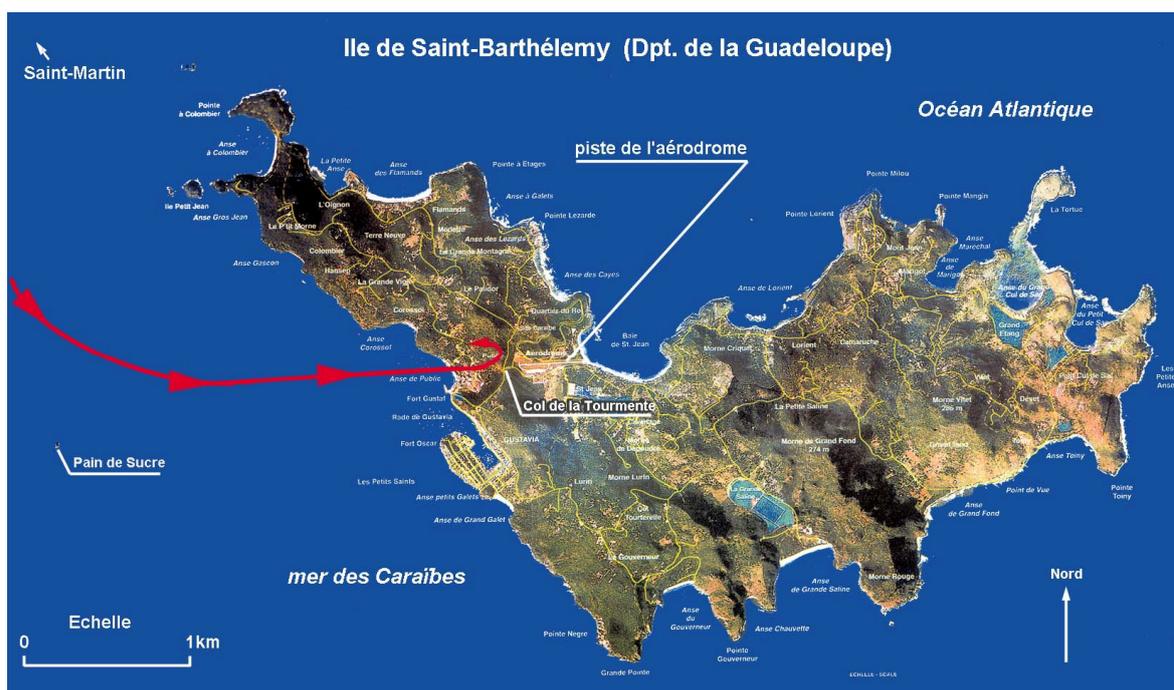
# 1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

## 1.1 Déroutement du vol

Le samedi 24 mars 2001, le DHC-6-300 immatriculé F-OGES effectue, sous plan de vol VFR, le vol régulier TX 1501 entre les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, distantes de dix-neuf milles marins. L'avion est exploité par la compagnie CAT sous contrat d'affrètement de la compagnie Air Caraïbes qui assure l'exploitation commerciale de la ligne. Le commandant de bord est pilote en fonction.

La croisière est réalisée à environ mille cinq cents pieds. L'équipage quitte la fréquence de Saint-Martin Juliana alors qu'il passe par le travers de l'île Fourchue, point d'entrée du circuit d'aérodrome situé à trois milles marins au nord-ouest de l'île de Saint-Barthélemy. Quelques secondes plus tard, il annonce sur la fréquence Saint-Barthélemy Information qu'il passe le point de report « Fourchue ». Peu après, il annonce le passage du point de report du « Pain de Sucre » pour une finale en piste 10. Ce sera sa dernière communication.

Alors que l'avion aborde la courte finale avant le col de la Tourmente, plusieurs personnes, dont l'agent AFIS, le voient se mettre en virage à gauche à grande inclinaison puis piquer vers le sol. Il s'écrase à proximité d'une habitation et prend feu. Tous les occupants de l'avion périssent, ainsi qu'une personne qui se trouvait dans la maison.



## 1.2 Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	2	17	1 <sup>(*)</sup>
Graves	-	-	-
Légères/Aucune	-	-	-

(\*) cette personne a péri dans l'incendie qui s'est déclaré à la suite de l'accident.

## 1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion a été détruit.

## 1.4 Autres dommages

L'incendie s'est étendu sur environ trois cents mètres carrés. Il a détruit la végétation et en partie, une maison d'habitation.

## 1.5 Renseignements sur le personnel

### 1.5.1 Equipage de conduite

#### 1.5.1.1 Commandant de bord

Homme, 38 ans.

#### Titres aéronautiques

- Licence de pilote professionnel avion délivrée le 18 juin 1987, valide jusqu'au 30 novembre 2001.
- Qualification de vol aux instruments obtenue le 3 novembre 1987, valide jusqu'au 1<sup>er</sup> juin 2001.
- Qualification de site pour l'atterrissage à Saint-Barthélemy obtenue en juin 1991.
- Qualification de type DHC-6 obtenue le 28 novembre 1988, renouvelée le 17 novembre 2000, valide jusqu'au 30 novembre 2001.
- Autres qualifications de type : Dornier 228 et ATR 42.
- Stage de recyclage Gestion des ressources de l'équipage en avril et juin 2000.
- Dernier contrôle des compétences le 10 novembre 2000 sur DHC-6.
- Dernier certificat d'aptitude médicale, valable un an, délivré sans restriction par le CEMPN de la région Antilles-Guyane le 10 mai 2000.

Remarque : le 19 mai 1994, ce pilote avait fait l'objet d'une notification du Conseil Médical de l'Aéronautique Civile lui accordant le bénéfice d'une dérogation avec les restrictions suivantes :

- présence obligatoire d'un second pilote qualifié sur le type d'appareil ;
- surveillance semestrielle à la Commission médicale de Pointe-à-Pitre ;
- dossier médical à représenter un an plus tard.

### Expérience professionnelle

- Totale : 9 864 heures de vol dont 6 400 comme commandant de bord.
- Sur DHC-6 : 5 000 heures de vol environ dont 3 000 comme commandant de bord.

### Activité aéronautique avant le vol de l'accident

- 179 heures de vol dans les quatre-vingt-dix jours précédents, dont 169 sur Dornier 228 et 10 sur DHC-6.
- 57 heures de vol dans les trente jours précédents, dont 47 sur Dornier 228 et 10 sur DHC-6. Au cours de cette période, dix-huit atterrissages à Saint-Barthélemy, dont cinq sur Dornier 228 et treize sur DHC-6.
- Les 22 et 23 mars, dix-huit vols sur le F-OGES entre Saint-Martin et Saint-Barthélemy, dont neuf atterrissages à Saint-Barthélemy.
- Le jour de l'accident, huit vols sur le F-OGES entre Saint-Martin et Saint-Barthélemy, dont quatre atterrissages à Saint-Barthélemy.

Remarque : les dix heures effectuées sur DHC-6 l'ont toutes été à compter du 22 mars en tant que commandant de bord sur le F-OGES. L'interruption de vol sur DHC-6 a été de cent vingt-quatre jours. Le carnet de bord du commandant de bord ne contient pas de mention d'un vol en ligne effectué sous supervision d'un instructeur avant la reprise de ses vols.

Le commandant de bord bénéficiait d'un contrat de travail à durée indéterminée à temps complet. Son contrat limitait à dix le nombre d'étapes journalières. Pilote depuis 1987 à Air Guadeloupe, devenue Air Caraïbes, il avait été transféré au mois de juillet 2000 à Caraïbes Air Transport par mutation intragroupe.

#### **1.5.1.2 Copilote**

Homme, 38 ans.

#### Titres aéronautiques

- Licence de pilote professionnel avion délivrée le 11 mars 1999, valide jusqu'au 31 décembre 2001.
- Qualification de vol aux instruments sur avion multimoteur obtenue le 9 septembre 1999, valide jusqu'au 24 mars 2001.
- Qualification de type DHC-6 obtenue le 21 décembre 2000, valide jusqu'au 31 décembre 2001.
- Licence de mécanicien navigant, non valide depuis le 31 décembre 2000.
- Adaptation en ligne effectuée la semaine précédant l'accident. A cette occasion, plusieurs atterrissages et décollages à Saint-Barthélemy avaient été réalisés par son instructeur.
- Dernier certificat d'aptitude médicale, valable un an, délivré sans restriction le 5 décembre 2000 par le CEMPN de la région Antilles Guyane.

### Expérience professionnelle

- 670 heures de vol dont 15 sur DHC-6.
- Officier mécanicien navigant de formation, le copilote totalisait dans cette spécialité environ 4 000 heures de vol réalisées sur Transall dans l'Armée de l'Air et sur Boeing 727 en transport aérien civil.

### Activité aéronautique avant le vol de l'accident

- 20 heures de vol dans les quatre-vingt-dix jours précédents, dont 15 sur DHC-6.
- 12 heures de vol dans les trente jours précédents, toutes sur DHC-6.

- Les 22 et 23 mars, dix-huit vols sur le F-OGES entre Saint-Martin et Saint-Barthélemy, dont neuf atterrissages à Saint-Barthélemy en tant que PNF.
- Le jour de l'accident, huit vols sur le F-OGES entre Saint-Martin et Saint-Barthélemy, dont quatre atterrissages à Saint-Barthélemy.

Le copilote était lié à Caraïbes Air Transport par un contrat à durée déterminée à temps complet qui expirait le 31 mars 2001, date à laquelle il devait rejoindre une autre compagnie aérienne en tant que mécanicien navigant.

## 1.5.2 Personnel au sol

### 1.5.2.1 Agent AFIS

Homme, 29 ans.

- Agent communal de la mairie de Saint-Barthélemy mis à disposition (longue durée) auprès du district aéronautique de Guadeloupe.
- Premier agrément provisoire AFIS en décembre 1991 (formation suivie en avril).
- Statut de surveillant d'aérodrome obtenu en décembre 1992.
- Agrément provisoire AFIS valide jusqu'au 30 mars 2001 après le stage annuel de maintien de compétence.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

Equippé de deux turbopropulseurs, le DHC-6-300 est un avion à voilure haute. D'une masse maximale certifiée au décollage de 5 670 kg, il peut transporter vingt passagers. Certifié pour être piloté par un pilote seul, il est exploité pour les vols de transport public de passagers par un équipage composé d'un commandant de bord et d'un copilote.

Le DHC-6-300 est équipé de deux soutes, l'une, à l'avant, d'une contenance maximum de 106 kg, l'autre, à l'arrière, divisée en deux compartiments et d'une contenance maximum de 226 kg.

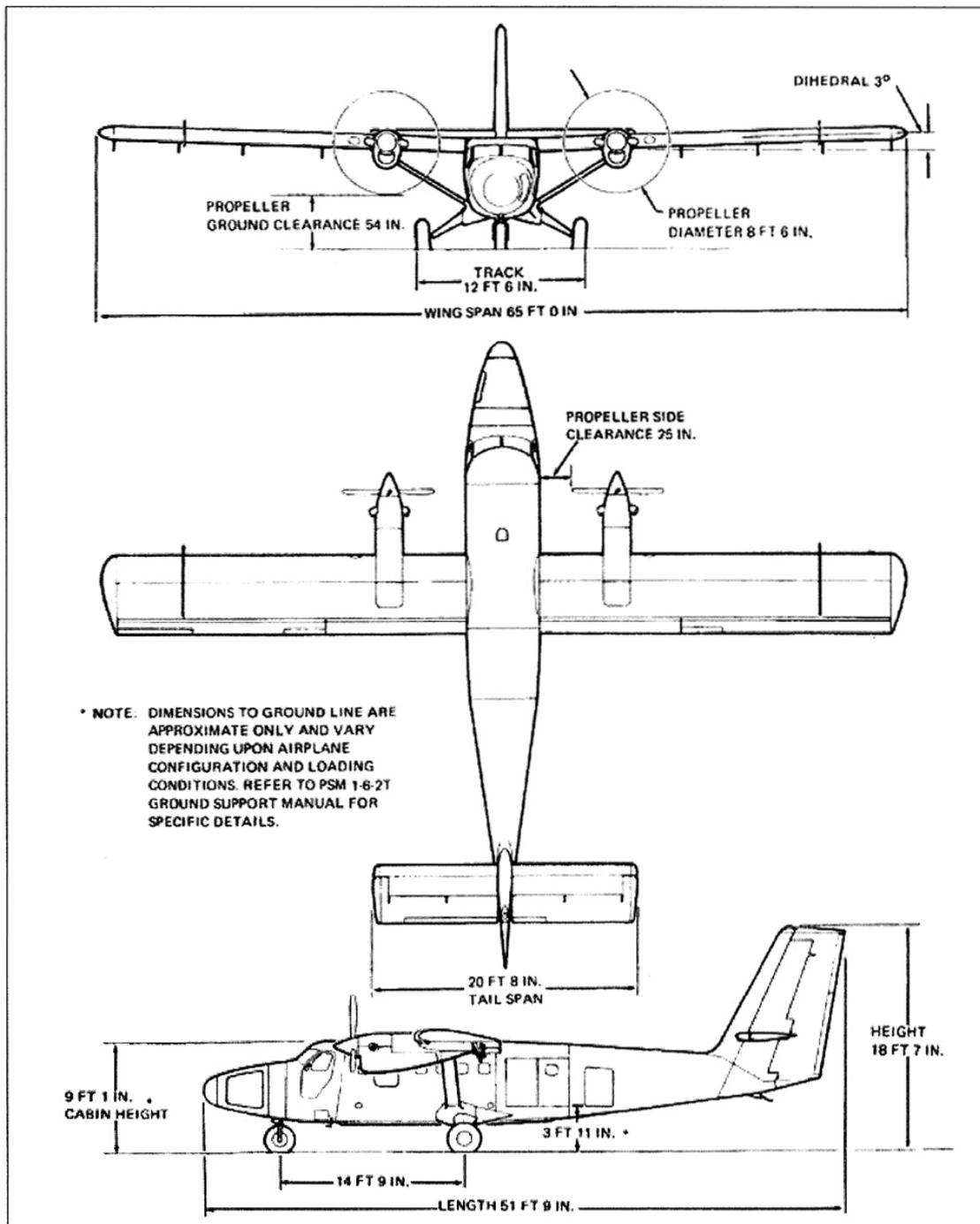


### 1.6.1 Cellule

- Constructeur : DE HAVILLAND AIRCRAFT of Canada.
- Type : De HAVILLAND DHC-6 « Twin Otter ».
- Modèle : DHC-6-300.
- Numéro de série : 254.
- Année de construction : 1969.

- Mise en service : 7 octobre 1970.
- Certificat de navigabilité valide jusqu'au 2 octobre 2003.
- Utilisation à la date du 24 mars 2001 : 35 680 heures et 89 331 cycles.
- Mise en service à Air Caraïbes le 16 octobre 2001.

Le F-OGES était équipé de deux voyants bleus d'avertissement de passage des hélices en plage inverseur bêta et d'une alarme de décrochage.



Plan trois vues du DHC-6-300

## 1.6.2 Moteurs

- Constructeur : PRATT & WHITNEY of Canada.
- Type : turbine libre.
- Modèle : PT6A-27.
- Puissance : 620 shp.

	<b>gauche</b>	<b>droit</b>
<b>Numéro de série</b>	PCE40195	PCE41630
<b>Fonctionnement total</b>	35 027 heures	21 852 heures
<b>Fonctionnement depuis révision générale</b>	2 711 heures	1 793 heures

## 1.6.3 Hélices

- Constructeur : HARTZELL PROPELLER INC.
- Modèle : HC-B3TN-3/T 10282, tripale.

	<b>gauche</b>	<b>droite</b>
<b>Numéro de série</b>	BUA23158	BUA23159
<b>Utilisation depuis révision générale</b>	104 heures	104 heures

Le F-OGES n'était pas équipé du système optionnel de synchronisation d'hélices.

## 1.6.4 Masse et centrage

Le premier tableau ci-après reprend les éléments qui figurent sur le devis de masse et de centrage du vol établi par un agent de la compagnie assistante et signé par le commandant de bord (annexe 1). Ce devis prend en compte dix-huit passagers, alors que ceux-ci n'étaient que dix-sept, un indice de base 100 pour le centrage et une masse de base de l'aéronef de 3 299 kg au lieu de 3 440 kg.

	<b>Masse décollage</b>	<b>Masse atterrissage</b>	<b>Centrage décollage</b>	<b>Centrage atterrissage</b>
<b>Masse de base (kg)</b>	3 299	3 299		
<b>Bagages (kg)</b>	200	200		
<b>Carburant (kg)</b>	550	500		
<b>Passagers (kg)</b>	1 550	1 550		
<b>Total</b>	5 599	5 549	32 %	33,2 %

Le second tableau, établi par les enquêteurs à l'aide du manuel d'exploitation, prend en compte une masse de base de l'aéronef conforme à la fiche de pesée et la masse forfaitaire des dix-sept passagers effectivement enregistrés à l'embarquement<sup>(2)</sup>. Les centrages tiennent compte de l'indice de base de 103,89 établi lors de la dernière pesée de l'avion et d'une répartition standard des passagers, leur répartition exacte étant inconnue.

<sup>2</sup> Neuf hommes à la masse forfaitaire de 92 kg et huit femmes à la masse forfaitaire de 74 kg.

	Masse décollage	Masse atterrissage	Centrage décollage	Centrage atterrissage
Masse de base (kg)	3 440	3 440		
Bagages (kg)	200	200		
Carburant (kg)	550	500		
Passagers (kg)	1 420	1 420		
Total	5 610	5 560	31,6 %	31,8 %
Limitations données par le constructeur	5 670	5 580	Avant 25 % Arrière 36 %	Avant 25 % Arrière 36 %

La comparaison entre les deux tableaux fait apparaître des écarts négligeables. Pour le vol TX 1501, le F-OGES était dans le domaine de masse et de centrage autorisé par le constructeur.

### 1.6.5 Entretien

L'avion était entretenu par CAT selon un programme d'entretien approuvé. Il s'agit d'un entretien de type « bloqué », comprenant un cycle de quarante-huit visites réalisées sur une échelle de 6 000 heures de vol. Ce cycle permet l'examen complet de l'aéronef.

Cet entretien a été défini pour une utilisation moyenne de 1 200 heures de vol par an. Il inclut également un programme de prévention contre la corrosion et un programme de prévention des dommages dus à la fatigue.

Le F-OGES avait été arrêté de vol du 15 janvier au 28 février 2001 pour le montage d'un avertisseur de proximité du sol (GPWS). Cette période avait été mise à profit pour procéder à l'alignement des manettes de puissance et au colmatage d'une fuite de carburant sur le moteur gauche.

Il n'y avait pas de tolérance technique le jour de l'accident. Les comptes rendus mécaniques des cinq derniers jours mentionnent un mauvais fonctionnement de la porte de soute arrière ; une réparation avait été effectuée avant le décollage de Saint-Martin le jour de l'accident.

## 1.7 Renseignements météorologiques

### 1.7.1 Situation générale

L'île de Saint-Barthélemy était soumise à un flux faible à modéré d'alizés secs, en marge assez éloignée d'une zone très nuageuse et pluvieuse qui s'étendait sur la République Dominicaine, au nord de Porto Rico et sur les îles Vierges.

Sur les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, le ciel était peu nuageux par cumulus relativement peu développés non accompagnés d'averses.

## 1.7.2 Situation sur l'aérodrome

A 20 h 00, le vent sur l'aérodrome de Saint-Barthélemy était du 110° / 6 kt avec des rafales à 14 kt, la visibilité était supérieure à 25 km, le ciel peu nuageux par cumulus ne donnant pas d'averse. Le QNH était de 1 013 hPa, la température de 28 °C.

Entre 20 h 25 et 20 h 28, le vent a faibli à 2 kt et a basculé au nord-est, probablement à cause du passage d'un cumulus au voisinage de l'aérodrome, puis il s'est renforcé, repassant à 20 h 30 au 100°/10 kt avec des rafales à 17 kt.

On trouvera en annexe 2 un dossier météorologique régional comportant une carte TEMSI et trois cartes de vents prévus à 850, 700 et 500 hPa. Ces documents avaient été fournis aux agents d'Air Caraïbes par le centre météorologique du Raizet et avaient été remis à l'équipage en début d'après-midi.

Les équipages rencontrés lors de l'enquête qui s'étaient posés avant le F-OGES n'avaient pas observé de phénomène particulier.

## 1.8 Aides à la navigation

L'aérodrome de Saint-Barthélemy ne dispose pas d'aide radio à la navigation. Il n'existe pas d'enregistrement radar du vol.

## 1.9 Télécommunications

### 1.9.1 Radiocommunications avec l'aérodrome de Saint-Martin Juliana

Transcription des radiocommunications établies avec le vol TX 1501

**20 : 07 : 59**

Avion	Juliana FWI ehh 1601 is ready to taxi
Tour	FWI 1501 you're a Twin Otter
Avion	Yes Twin Otter
Tour	How much runway do you need ?
Avion	Bravo
Tour	OK Bravo Bravo Bravo Bravo Roger taxi enter and ahhh backtrack runway niner and ahhh if you have to use the 1601 taxi backtrack runway 9 and ahhh be ready
Avion	(Incompréhensible)

**20 : 10 : 08**

Tour	Break FWI 1601 at Bravo runway niner cleared for takeoff wind check 120 at 8
Avion	Roger clear 1501
Tour	Affirmative

**20 : 10 : 45**

Tour	FWI 1601 report the circuit St Barth
Avion	Will do

**20 : 18 : 06**

Avion	FWI 1601 abeam Fajou
Tour	1601 118 45 look out for traffic in the circuit
Avion	(Incompréhensible)

Remarque : le vol TX 1501 était programmé à 19 h 00 et le vol TX 1601 à 20 h 00. Ceci peut expliquer la confusion des indicatifs opérationnels à plusieurs reprises. De même, l'équipage utilise par erreur le nom de Fajou (point de report du circuit d'aérodrome de Pointe-à-Pitre) pour le point de report de Fourchue. Ces confusions sont sans rapport avec l'accident.

### **1.9.2 Radiocommunications avec l'aérodrome de Saint-Barthélemy**

Le copilote a contacté l'agent AFIS en poste dans la tour de contrôle de Saint-Barthélemy mais ces radiocommunications n'ont pas été enregistrées du fait de l'indisponibilité de l'appareil d'enregistrement et, à bord, de l'absence de CVR.

## **1.10 Renseignements sur l'aérodrome**

L'aérodrome de Saint-Barthélemy a été inauguré le 20 février 1961. Conformément à la convention Etat/Département signée le 17 avril 1998, il est géré par le Conseil Général de la Guadeloupe. Cette gestion est déléguée à la Mairie de Saint-Barthélemy.

L'aérodrome est situé à huit cents mètres au nord-est de Gustavia, ville principale de l'île. La piste 10/28 en béton est longue de six cent quarante mètres et large de quinze avec une pente descendante de 2 % vers la mer ; le seuil 10 se trouve à une altitude de quarante-neuf pieds et le seuil 28 à sept pieds. La distance d'atterrissage disponible (LDA) en piste 10 est de cinq cent quinze mètres.

L'aérodrome est classé en catégorie D et agréé à usage restreint (liste 3) par arrêté du 21 juillet 1972. Cet arrêté précise que l'aérodrome est réservé aux aéronefs de caractéristiques et de performances appropriées et aux pilotes reconnus aptes par un pilote instructeur habilité.

La liste des pilotes autorisés à utiliser l'aérodrome à titre privé est tenue à jour par le district aéronautique de la Guadeloupe. Celui-ci recommande que les pilotes qui n'y ont pas atterri au moins une fois dans l'année soient contrôlés par un pilote instructeur habilité.

Les transporteurs aériens qui exploitent la plate-forme sont responsables de l'habilitation de leurs pilotes. En ce qui concerne Caraïbes Air Transport, tout pilote qui n'y a pas réalisé au moins deux atterrissages dans les douze mois précédents doit être contrôlé par un pilote instructeur habilité.

L'aérodrome est interdit aux aéronefs non munis de radio. Il est également interdit de nuit. L'utilisation de la langue anglaise est imposée dans la circulation d'aérodrome dès qu'il y a un pilote non francophone dans le circuit.

Le Service de Sécurité Incendie et Sauvetage assuré est supérieur à l'exigence réglementaire : il correspond à la catégorie 3 pour un niveau requis de 2.

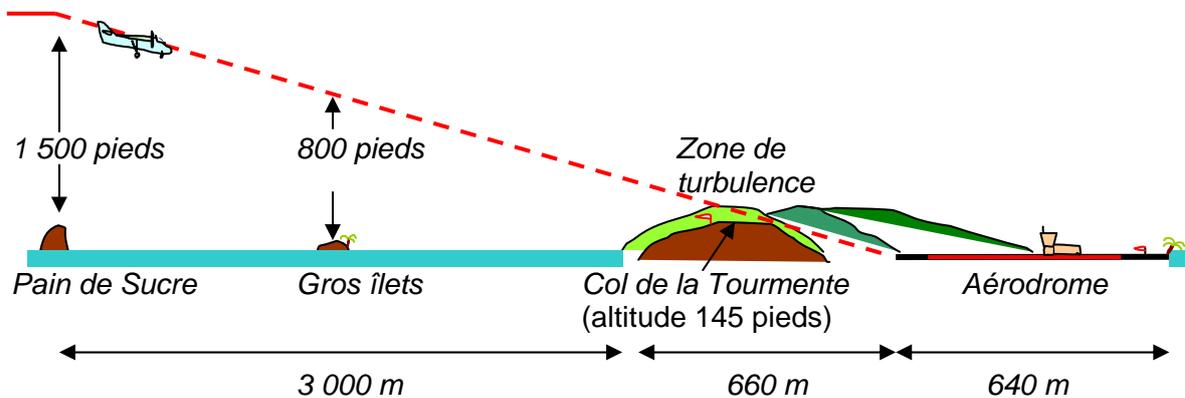
L'aérodrome dispose depuis le 15 novembre 1991 d'un service d'information de vol d'aérodrome (AFIS) chargé de transmettre les informations sur le trafic d'aérodrome et la disponibilité de piste. Ce service est assuré entre 11 h 00 et le coucher du soleil plus quinze minutes par une équipe de quatre personnes : un agent titulaire du département et trois agents titulaires de la commune. La fréquence 118,45 MHz lui est attribuée.



Compte tenu de la topographie, l'agent AFIS ne peut voir les aéronefs depuis son poste d'observation qu'en finale 10, peu avant le passage du col de la Tourmente.

Les avions atterrissant en piste 10 survolent le col de la Tourmente à très basse hauteur (moins de dix mètres). Cette zone est sujette à de fortes turbulences.

Une manche à air, installée sur le flanc nord du col, indique la direction et la force du vent au passage du col. Ces indications ne sont pas retransmises à la tour.



La plage recouvre les quarante mètres qui séparent le seuil de piste 28 de la mer. Conformément à l'arrêté municipal en vigueur, des panneaux rappellent en langues française et anglaise que la zone est dangereuse et qu'il est interdit aux personnes d'y stationner.



### 1.10.1 Eléments statistiques

Le nombre total de passagers (passagers commerciaux et non commerciaux cumulés) est passé de 189 000 environ en 1996 à 191 300 environ pour l'année 2000 et 166 250 pour l'année 2001, avec deux pointes à 200 000 en 1997 et 1998. Le nombre total de mouve-

ments d'aéronefs, qui s'élevait à environ 38 000 en 1996, a diminué régulièrement depuis. Il a été de 33 760 en 2000 et de 30 000 en 2001. Cette diminution peut s'expliquer en partie par une meilleure organisation des vols commerciaux qui représentent environ les quatre cinquièmes des mouvements et, pour 2001, par la conjoncture internationale.

La pointe journalière est de 252 mouvements avec une pointe horaire maximale de trente-six. Air Caraïbes effectue plus de la moitié des vols commerciaux quotidiens tandis que l'exploitant néerlandais Winair en effectue 41 %.

Sur la période de dix ans qui précède l'accident, aucun accident de transport public n'a été notifié au BEA. En aviation générale, quinze accidents (un mortel, le 3 mars 1997), dont onze sorties de piste au QFU 10, se sont produits sur la période.

### **1.10.2 Procédure d'atterrissage en piste 10**

La topographie particulière des lieux, avec notamment la présence d'une ligne de crête à l'ouest des installations, a conduit les autorités à restreindre l'utilisation de la piste 28 :

- atterrissages interdits aux avions de transport public ;
- décollages et remises de gaz en courte finale interdits à toutes les catégories d'aéronefs.

La majorité des atterrissages se font donc en piste 10 (cf. annexe 5) : après le dernier virage aux abords du Pain de Sucre, point ultime de compte-rendu de position obligatoire, la trajectoire amène les avions travers nord « Les îlets » pour ensuite un survol du col de la Tourmente à très basse hauteur, souvent en dessous de dix mètres.

Le manuel d'exploitation de CAT précise que toute approche considérée comme hors trajectoire ou en dehors du plan de descente habituel doit conduire à la remise des gaz dans l'axe.

## **1.11 Enregistreurs de bord**

Le certificat de navigabilité du F-OGES étant antérieur au 31 décembre 1974 et sa masse maximale certifiée au décollage étant inférieure à 5 700 kg, l'arrêté du 12 mai 1997 relatif aux conditions techniques d'exploitation d'avions par une entreprise de transport aérien public n'imposait pas que l'avion soit équipé d'enregistreurs de vol (CVR et/ou FDR). De fait, il n'était pas pourvu de tels enregistreurs.

## **1.12 Renseignements sur l'impact et sur l'épave**

### **1.12.1 L'impact**

L'accident s'est produit au nord-ouest de l'aérodrome, sur le versant ouest du col de la Tourmente, à environ six cents mètres du seuil de piste 10.

L'avion a touché le sol à proximité immédiate d'une habitation située le long de la route de Corossol, sur un terrain escarpé et dur, planté d'arbres et d'arbustes. Ses débris sont répartis sur environ neuf cents mètres carrés.



**Vue aérienne du site et de l'aérodrome**

La découpe faite par les ailes dans la végétation montre que l'avion a percuté le sol avec une assiette à piquer de l'ordre de  $60^\circ$  et une inclinaison à gauche. Les hélices ont laissé dans la végétation et dans le sol des traces caractéristiques de rotation à l'impact.

### 1.12.2 L'épave

L'épave principale est regroupée. Le fuselage, ramassé dans une zone de cinq mètres de diamètre, est complètement détruit par le choc et par l'incendie.

De part et d'autre, à proximité immédiate de la zone de l'incendie, se trouvent les deux ailes de l'avion et l'empennage. Peu affectés par l'incendie, ils sont séparés du fuselage et présentent des déformations importantes en compression. Il n'y a pas de trace d'impact d'oiseau. Les traces de rupture sur les volets montrent un braquage symétrique de  $37,5\%$  à l'impact.



Il n'apparaît aucune anomalie quant à la continuité des commandes de vol et des liaisons mécaniques.

Les moteurs, détachés de leur nacelle, ont subi d'importants dégâts. Le gauche est à proximité de l'aile gauche et en dehors de la zone de l'incendie tandis que le droit a été en partie affecté par le feu. L'examen visuel permet d'établir qu'ils délivraient une puissance importante à l'impact. La déformation des hélices (importantes torsion et flexion) confirme les indications de puissance, de façon sensiblement symétrique. Elles ne présentent pas de trace d'impact d'oiseau.

Le panneau des instruments moteurs a été très dégradé par le choc et par le feu. Les seuls indices exploitables concernent les deux indicateurs des générateurs de gaz et l'indicateur de régime de l'hélice gauche, bloqués en position maximum au-delà de 100 %.

Le bloc des manettes de puissance a été retrouvé enfoui dans le sol. Il est en très mauvais état. La porte de soute a été retrouvée sous l'épave, encore reliée à la structure par ses charnières.

Etant donné l'état de l'épave, aucun prélèvement de carburant ou de lubrifiant n'a pu être réalisé.

Deux caméras vidéo ont été retrouvées sur le site.

### **1.13 Renseignements médicaux et pathologiques**

Les autopsies pratiquées n'ont mis en évidence aucun élément médical et pathologique susceptible d'être en rapport avec l'accident.

### **1.14 Incendie**

L'avion s'est embrasé immédiatement après sa collision avec le sol. Du carburant a été projeté sur la maison voisine qui s'est également embrasée.

L'incendie a été circonscrit en vingt minutes par le centre de secours des pompiers de Saint-Barthélemy, malgré les difficultés d'accès, une route unique et escarpée desservant le lieu de l'accident.

### **1.15 Questions relatives à la survie des occupants**

Les équipes chargées des secours ont retrouvé les occupants de l'avion regroupés vers l'avant de l'épave dans une zone évaluée à vingt mètres carrés. Les quelques ceintures de sécurité retrouvées dans les cendres étaient bouclées.

La violence de l'impact n'offrait aucune chance de survie.

## **1.16 Essais et recherches**

### **1.16.1 Examen de l'ensemble propulsif**

Dans le cadre de l'enquête, les différents éléments de l'ensemble propulsif ont fait l'objet d'examens en atelier au Centre d'Essais des Propulseurs (91 Saclay - France).

#### **1.16.1.1 Les moteurs**

Les examens effectués sur les moteurs ont conduit aux conclusions suivantes :

- les deux turbopropulseurs fonctionnaient et développaient une puissance importante au moment de l'impact ;
- leurs composants internes ne présentent aucun signe d'endommagement antérieur à l'accident qui aurait pu nuire à un fonctionnement normal en vol.

#### **1.16.1.2 Les hélices**

Les examens pratiqués sur les hélices visaient à déterminer leur calage à l'impact. Ils ont montré :

- que l'hélice gauche affichait un calage de pas au moins égal à  $20,4^\circ$ , c'est-à-dire un pas supérieur à celui du ralenti vol ;
- que l'hélice droite affichait des calages de pas différents pour chacune des pales, calages vraisemblablement dus à des impacts secondaires moins violents sur l'ensemble propulsif au moment de l'accident. En conséquence, les valeurs relevées sont inexploitables.

Du fait de la similitude des déformations et des ruptures des extrémités des pales, il est possible d'établir le fonctionnement symétrique des deux hélices avant l'impact.

#### **1.16.1.3 Les manettes de puissance**

Le bloc des manettes (puissance, hélices et carburant), très déformé par un impact latéral et endommagé ensuite par l'incendie, ne présente aucune indication qui permette de préciser la position ou le réglage des manettes. L'examen a cependant permis d'établir qu'aucun défaut préexistant n'affectait le système (frictions, cinématique et câbles de commande).

#### **1.16.1.4 Les indicateurs de paramètres moteurs**

Les cadrans des indicateurs de paramètres moteurs ne présentent pas de marques exploitables permettant de déterminer les valeurs qui étaient affichées au moment de l'accident.

### **1.16.1.5 Synthèse des examens**

Les examens pratiqués ont confirmé les observations qui avaient été faites sur le site de l'accident. Ils n'ont mis en évidence aucun indice de positionnement anormal des manettes de puissance ou de dysfonctionnement de l'ensemble propulsif.

### **1.16.2 Exploitation d'un film retrouvé dans l'épave**

Des deux caméras vidéo retrouvées sur le site (cf. 1.12.2), l'une, trop abîmée par le choc et par l'incendie, n'a pas pu être exploitée ; l'autre, moins détériorée, contenait un enregistrement exploitable, bien que la partie de la bande qui recouvrait les têtes de lecture ainsi qu'une partie vraisemblablement enregistrée aient été endommagées par l'incendie.

Après nettoyage, la visualisation de la partie saine du film a permis :

- de constater que les images avaient été prises à travers un hublot du côté gauche et que le film, titré, avait été tourné quelques minutes avant l'accident ;
- d'identifier trois séquences : la première pendant la montée initiale avec vue de l'aérodrome de Saint-Martin et des habitations lors du virage à droite, la seconde en croisière avec vue de l'extrémité de l'île de Saint-Martin, la troisième aux abords de Saint-Barthélemy avec vue de l'extrémité nord de l'île ;
- de voir tourner l'hélice gauche de l'avion pendant les trois séquences ;
- de constater que la fin de la partie exploitable du film correspond au moment où l'avion passe par le travers de la Pointe à Colombier et de l'île Petit Jean, au nord-ouest de Saint-Barthélemy.

Une analyse plus précise a été entreprise pour déterminer :

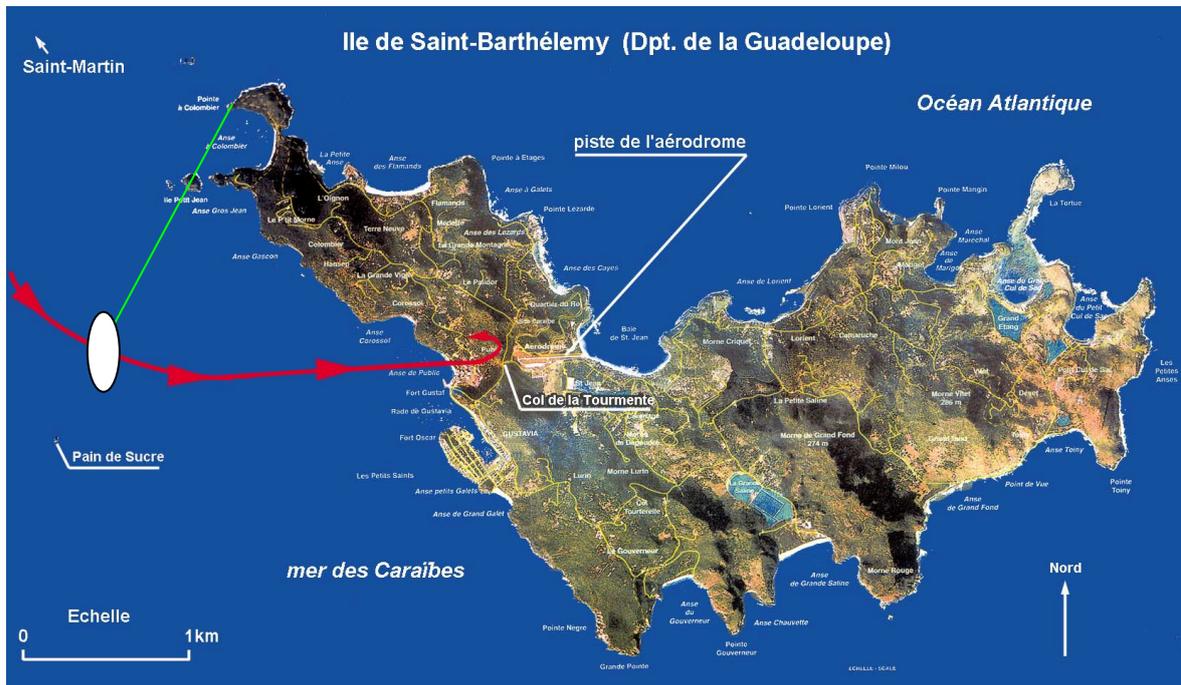
- le positionnement et l'attitude de l'avion ;
- le fonctionnement des moteurs et des hélices.

#### **1.16.2.1 Positionnement et attitude de l'avion**

L'exploitation du film a permis de positionner le F-OGES sur la trajectoire qui le conduisait à l'aérodrome de Saint-Barthélemy et de préciser son attitude par rapport à l'horizon. Elle a confirmé que l'avion évoluait à hauteur de sécurité.

### 1.16.2.1.1 Positionnement latéral

L'une des dernières images de la partie exploitable du film permet, par alignement de la Pointe à Colombier et de l'île Petit Jean sur une photographie aérienne, de situer le F-OGES proche du virage d'alignement, au travers du Pain de Sucre. Compte tenu de sa distance au col de la Tourmente (1,3 NM), il reste alors environ une minute de vol avant l'accident.



— Angle de prise de vue de la dernière photo extraite du film



positionnement latéral estimé du F-OGES



trajectoire estimée

### 1.16.2.1.2 Attitude de l'aéronef

Après cette image, la caméra continue de tourner pendant quelques secondes, jusqu'à une image où l'on voit l'horizon surmonté d'un voile nuageux à travers un des hublots du côté droit, montrant que le F-OGES était alors en vol à plat.

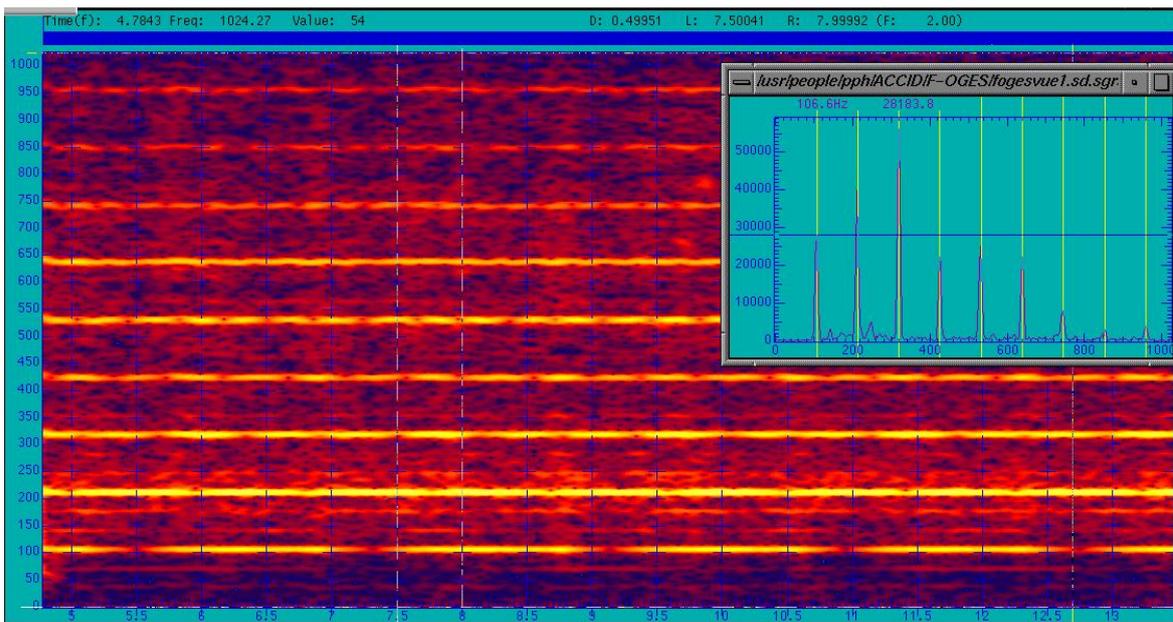
### 1.16.2.2 Fonctionnement des ensembles propulsifs

La piste son du film a fait l'objet d'analyses en laboratoire pour tenter de préciser le fonctionnement des hélices et des moteurs pendant le vol.

Le déplacement d'air créé par les pales en rotation induit des pics d'énergie à une fréquence proportionnelle à la vitesse de rotation de l'hélice. La fréquence mesurée, divisée par trois (nombre de pales) et multipliée par soixante, donne la vitesse de rotation de l'hélice en tours par minute.

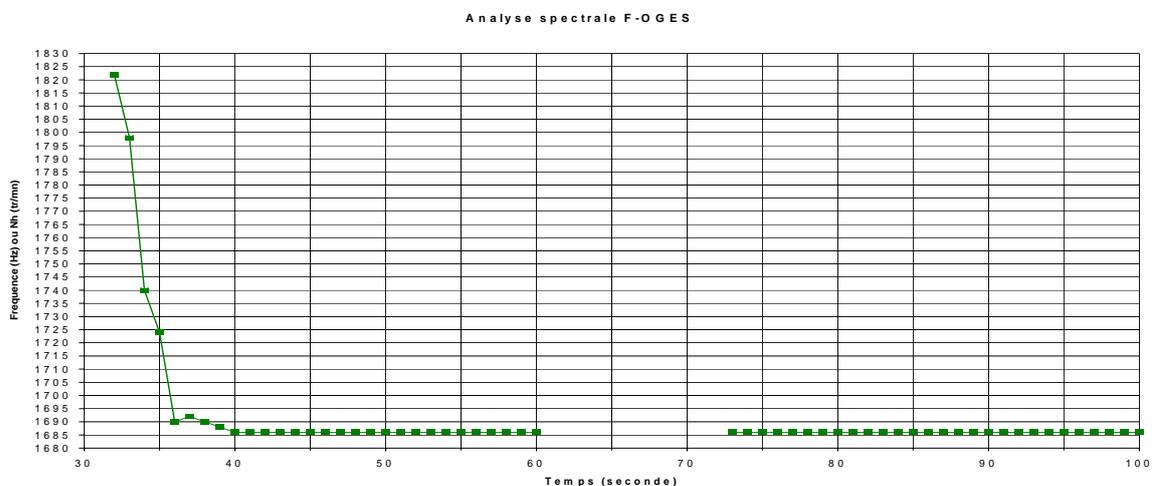
L'analyse spectrale des séquences de vol enregistrées (décollage, croisière et approche) a mis en évidence les faits suivants :

**Décollage** : la fréquence fondamentale mesurée sur la bande son est de 106 Hz avec huit à dix harmoniques visibles. La vitesse de rotation des hélices déduite est de 2 120 tr/min (dans cette phase de vol, le constructeur préconise un régime d'environ 2 110 tr/min). L'absence de double pic montre que les hélices tournaient à la même vitesse.



Analyse spectrale de la bande son au décollage

**Croisière** : le signal sonore montre un ralentissement de la vitesse de rotation de l'hélice de 1 825 à 1 690 tr/min en cinq secondes puis une stabilisation à 1 685 tr/min. Cette valeur correspond au régime de croisière préconisé par le constructeur. Là encore, l'absence de double pic montre que les hélices étaient synchrones.



Régime des hélices en croisière

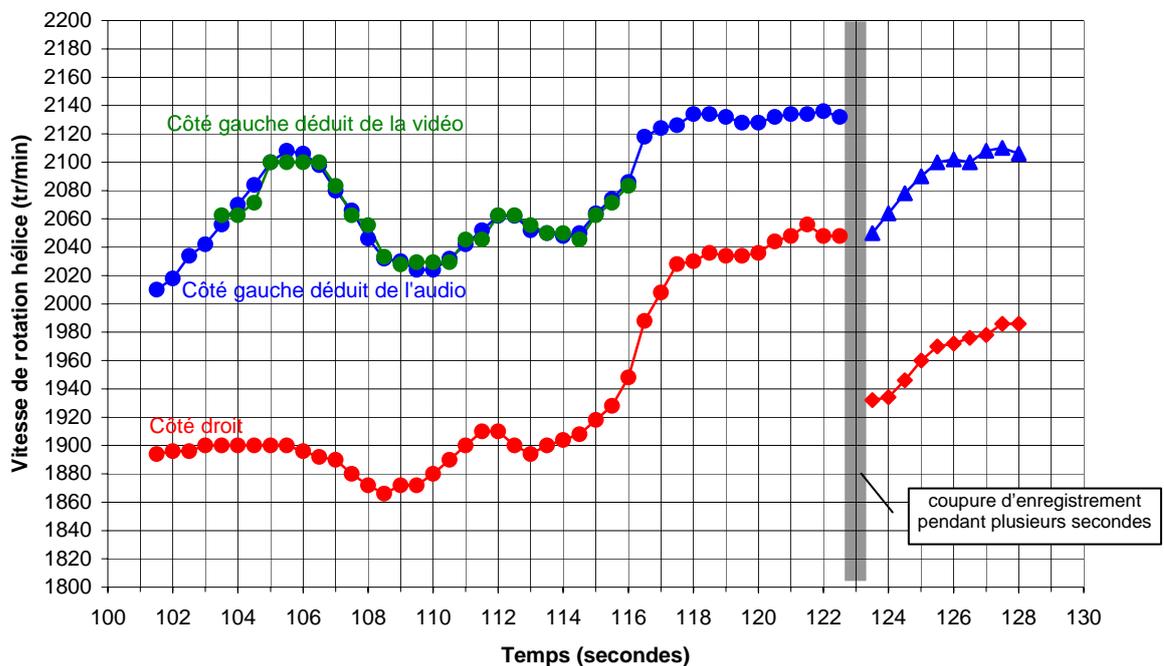
Approche : les informations sonores et visuelles montrent des fluctuations importantes de la vitesse de rotation des hélices. Elles ne sont plus synchrones.

L'analyse spectrale de la bande son permet de déterminer les vitesses de rotation des deux hélices (courbes rouge et bleue du graphe ci-après), sans pour autant permettre d'identifier l'hélice à laquelle correspond chaque courbe.

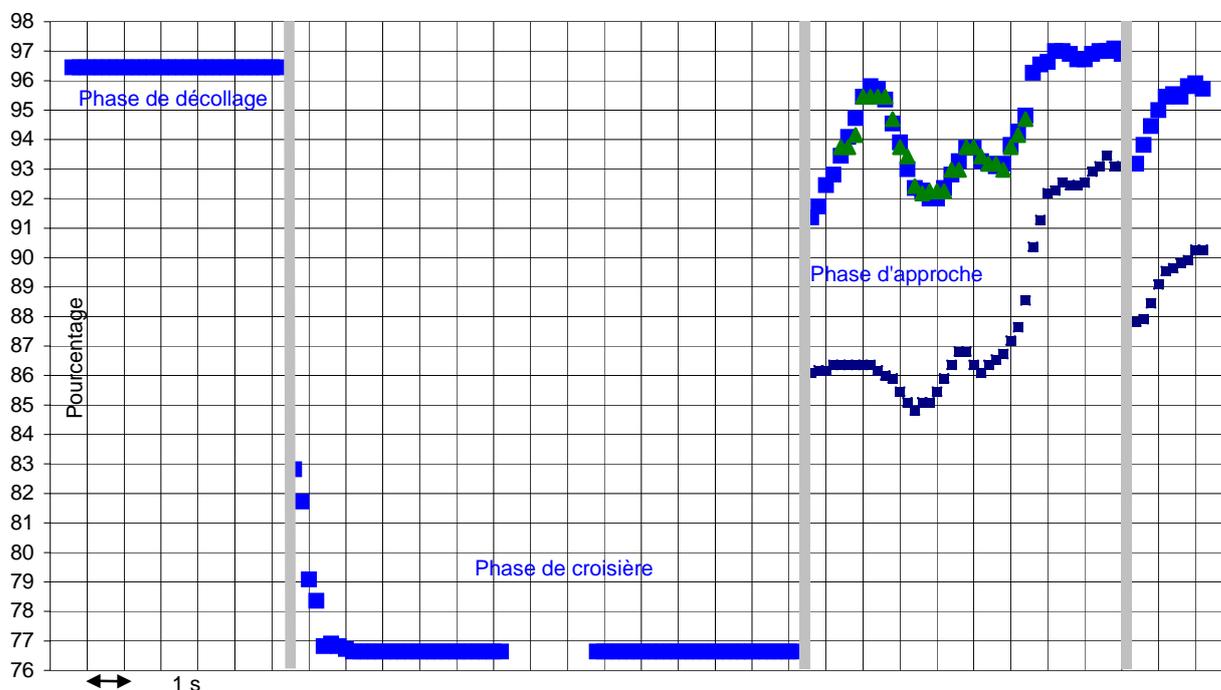
L'analyse de la bande vidéo où l'on voit l'hélice gauche permet de tracer la courbe verte : il y a vingt-cinq images par seconde ; il est possible de déterminer sur chacune la position des pales et, donc, le nombre de passages par seconde. Trois photos extraites du film sont présentées ci-dessous pour illustrer le calcul.



La superposition des courbes verte et bleue permet d'affirmer que cette dernière correspond à l'hélice gauche.



Les vitesses de rotation des hélices lors du vol TX 1501, exprimées en pourcentage d'un régime de rotation de référence défini par le constructeur, sont représentées sur le graphique ci-dessous. Les arrêts d'enregistrement sont matérialisés par les traits verticaux gris.



La dissymétrie entre les deux hélices au cours de la phase d'approche est de l'ordre de 9 %, ce qui est cohérent avec une utilisation normale (voir ci-après). On note également une augmentation de régime de l'ordre de 6 % à 8 %.

En conclusion, l'examen du film retrouvé dans l'épave n'a pas fait apparaître de dysfonctionnement ou d'anomalie pour la partie de vol enregistrée.

### 1.16.3 Mesures sur DHC-6

Une campagne de mesures a été entreprise dans le cadre de l'enquête à bord d'un avion, du même type que le F-OGES, appartenant à la compagnie Winair. Les enquêteurs se sont rendus à Saint-Martin et Saint-Barthélemy et ont effectué :

- des prises de vue à l'aide d'une caméra du modèle de celle retrouvée dans l'épave, depuis le deuxième rang passager gauche, au cours des séquences de décollage, de croisière et d'approche, avec pour but d'estimer la trajectoire du F-OGES ;
- l'enregistrement des paramètres moteurs au cours des mêmes phases de vol, afin de comparer les évolutions de la vitesse des hélices avec celles déterminées par l'analyse spectrale ;
- l'enregistrement de la position des mains des pilotes sur les commandes de puissance pendant le vol, en place gauche et en place droite. Les commandes étant placées sur le plafonnier, il s'agissait de vérifier dans quelle mesure cette configuration pouvait influencer sur la symétrie de la position des manettes.

### 1.16.3.1 Observations sur les vols

Les constatations faites au cours de six vols commerciaux ont permis d'établir les paramètres couramment utilisés par les équipages, tant pour la trajectoire suivie que pour la conduite du vol.

#### 1.16.3.1.1 La trajectoire

En régime de vent d'est, ce qui était le cas le jour de l'accident, la trajectoire standard pour le trajet Saint-Martin / Saint-Barthélemy est la suivante :

- décollage en piste 09 de Saint-Martin Juliana suivi rapidement d'un virage à droite ;
- montée vers l'altitude de croisière, comprise entre mille pieds et mille cinq cents pieds, selon une route directe vers l'îlet du Pain de Sucre (environ au cap 120°) via le travers de l'îlet Fourchue. Ces deux îlets sont des points de report obligatoires : le « travers Fourchue » constitue le point de contact radio avec l'AFIS, la « verticale du Pain de Sucre » constitue le début de la finale 10 à Saint-Barthélemy ;
- en fonction de l'altitude choisie, début de la descente avant le Pain de Sucre, en même temps que réduction de la vitesse associée à la sortie des volets à 10° puis à 20° de braquage ;
- passage du Pain de Sucre à environ mille deux cents pieds, suivi de la sortie des volets à 37,5°, de l'interception du plan d'approche et de la mise en descente associée ;
- avant huit cents pieds, commande du régime hélice en position plein petit pas.

#### 1.16.3.1.2 Conduite du vol

Lors des vols, les paramètres ci-dessous ont été systématiquement utilisés par les équipages de Winair, et l'enquête auprès de plusieurs équipages de CAT a confirmé qu'ils utilisaient également ces paramètres.

Pour le décollage

- Torque pressure : 50 psi, soit le torque maximum
- Régime hélices : 96 % (PPP)

Pour la montée

- Torque pressure : 40 à 45 psi
- Régime hélices : 81 %
- Vi : 120 kt

Pour la croisière

- Torque pressure : 35 à 40 psi
- Régime hélices : 76 %
- Vi : 135 kt

Pour l'atterrissage

- Torque pressure : environ 5 psi
- Régime hélices : environ 80 % (PPP)

Pour une descente normale, le régime ne dépasse pas 80 % en général. Le passage en plein petit pas s'effectue entre mille et huit cents pieds, avec une vitesse indiquée en courte finale d'environ 75 kt et les volets à 37,5°.

Remarque : pendant les vols de mesures, la dissymétrie de régime observée entre les deux hélices a atteint un maximum de 8 %.

#### 1.16.3.1.3 Ergonomie des manettes de puissance

Sur DHC-6-300, les manettes de puissance sont situées sur le plafonnier, légèrement décalées sur le côté gauche.



Lorsque le PF est en place gauche, son avant-bras droit est situé dans le prolongement de l'axe vertical des manettes, position favorable à une manœuvre symétrique.



Lorsque le PF est en place droite, son avant-bras gauche n'est pas vertical, il s'étend légèrement vers la gauche et n'est donc pas aligné avec l'axe des manettes, cet « angle » étant repris au niveau du poignet.

Il a été constaté au cours d'approches sur Saint-Martin Juliana que certains pilotes en place droite procédaient par courts incréments successifs et séparés sur la manette du moteur n° 1 puis sur celle du moteur n° 2, la main restant toujours en contact avec les deux manettes.

#### 1.16.3.2 Comparaison avec le film retrouvé dans l'épave

L'exploitation des films tournés lors de la campagne de mesures a permis de consolider les données issues de l'examen du film récupéré dans l'épave et d'apporter des informations supplémentaires.

##### 1.16.3.2.1 Positionnement du F-OGES

Les prises de vues réalisées à travers le hublot du deuxième rang passager gauche ont confirmé que le film retrouvé dans l'épave avait bien été pris de cette place. La comparaison des films a permis de :

- confirmer le dernier positionnement effectué du F-OGES, peu après le passage du Pain de Sucre ;

- préciser que le F-OGES se trouvait alors à une hauteur d'environ mille à mille cents pieds, ce qui correspond à la tranche basse de l'altitude habituelle, et qu'il avait vraisemblablement entamé sa descente ;
- déterminer sur la dernière image exploitable que le F-OGES était plutôt à droite de l'axe d'approche.

#### 1.16.3.2.2 Régime moteur

Le rapprochement des paramètres moteurs enregistrés lors des vols et de ceux déterminés pour le vol de l'accident montre que les moteurs du F-OGES ont fonctionné normalement depuis le décollage jusqu'à la dernière image, enregistrée une minute environ avant l'accident.

Vers la fin du film, l'analyse spectrale a montré une augmentation du régime des hélices (cf. 1.16.2.2). Cette variation paraît correspondre au début de la descente vers l'aérodrome, au moment où l'équipage a passé les hélices en plein petit pas.

#### 1.16.4 Etude orographique dans l'axe d'approche

En juin 1984, le Centre National de Recherches Météorologiques avait réalisé une étude de l'axe d'approche face à l'est de l'aérodrome de Saint-Barthélemy. Cette étude, réalisée en simulation hydraulique, avait pour objectif une meilleure connaissance des propriétés dynamiques des écoulements atmosphériques des basses couches au voisinage du col de la Tourmente par vents de régime d'est afin de définir un emplacement adéquat pour l'implantation d'un mât de mesure de vent facilitant la tâche des équipages. Par ailleurs, l'étude précisait les améliorations aux écoulements que pourrait apporter l'arasement partiel de la butte rocheuse située immédiatement au sud du col.

Seules les conclusions en rapport avec le vent moyen qui soufflait le jour de l'accident ont été retenues ici.

##### 1.16.4.1 Effets d'un vent de secteur 120°

La caractéristique essentielle d'un vent de secteur 120° est la canalisation du flux par le relief amont, ce qui entraîne une relative régularité des écoulements en amont du col. Le relief provoque des perturbations, plus marquées dans ce cas au sud de l'axe d'approche. En conséquence, la ligne d'approche la moins perturbée serait située légèrement au nord de celle prévue et pour les altitudes possibles les plus élevées compte tenu de la faible épaisseur de la couche turbulente.

##### 1.16.4.2 Effets d'un arasement partiel de la butte rocheuse

La modification éventuelle du relief du col aurait pour effet général une canalisation accrue des écoulements et, par conséquent, une plus grande homogénéité de leurs caractéristiques dynamiques. Cependant, cet effet resterait limité, tant en altitude qu'en aval du col sur la trajectoire d'approche.

Pour un vent de 100 à 120°, on relève une forte diminution des intensités de turbulence (de 5 à 7 %) sur les vingt premiers mètres de hauteur, plus sensible au sud qu'au nord de l'axe d'approche. Les profils de vitesse des cinquante premiers mètres sont aussi plus réguliers.

### **1.16.5 Principe de régulation des hélices**

Les hélices tripales Hartzell équipant le DHC-6-300 sont des hélices à pas réversible et à vitesse constante.

En utilisation normale propulsive, le fonctionnement de l'hélice découle de la puissance installée en sortie du générateur de gaz par les actions de l'équipage sur les manettes hélices. Un régulateur hydraulique ajuste le pas.

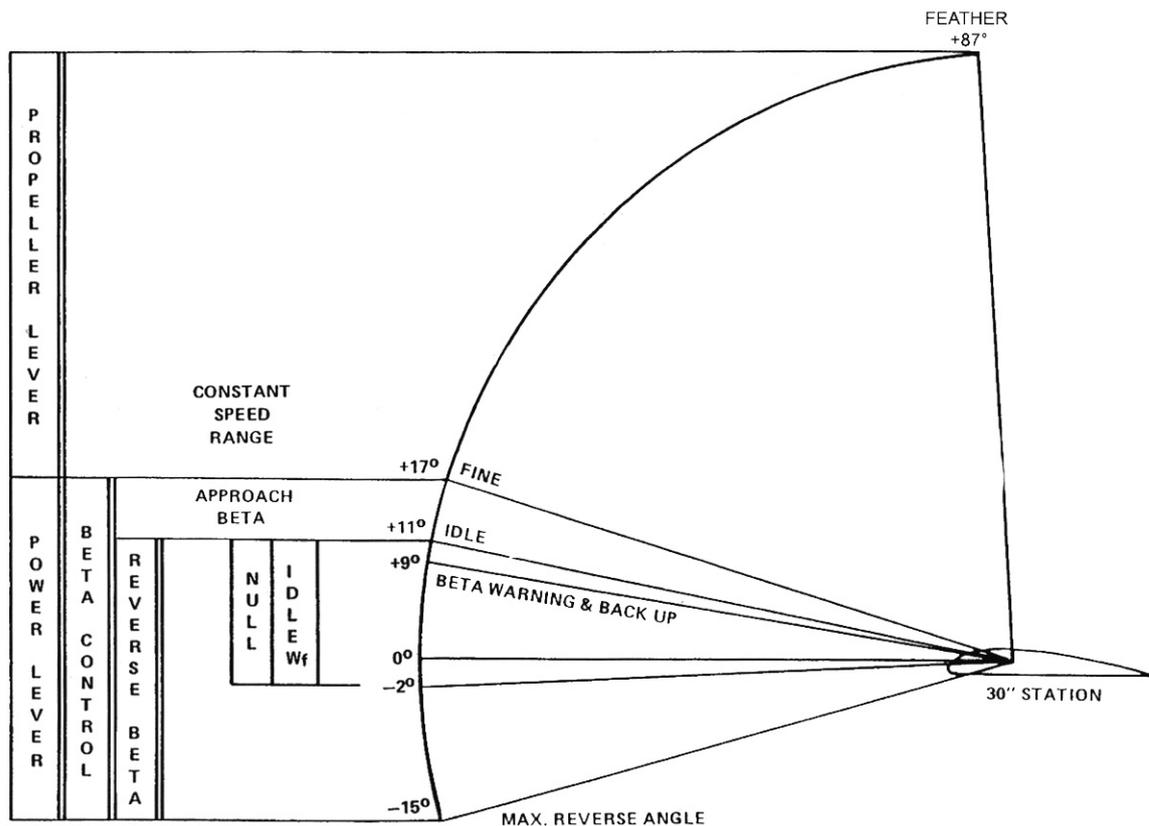
En approche ou lors des manœuvres au sol, la réactivité de ce mode de régulation n'étant pas satisfaisante, il existe un mode appelé « bêta » dans lequel l'équipage commande directement le pas de l'hélice par l'intermédiaire des manettes de puissance. C'est le régulateur du générateur de gaz qui assure alors les ajustements nécessaires.

Dans ce mode (cf. croquis ci-après), les pas d'hélice sont compris entre les valeurs + 17° et - 15° ainsi réparties :

- une plage de + 17° à + 11°, appelée « approche bêta » et autorisée en vol. Dans cette plage, les hélices sont tractrices ;
- une plage de + 11° à - 15°, appelée « inverseur bêta » et interdite en vol. Dans cette plage où les hélices agissent comme des freins, on distingue deux sous-plages différentes, celle du ralenti sol (9° à 0°) et celle de l'inversion de traction (0° à - 15°).

Le constructeur indique que le passage en plage inverseur bêta au cours du vol aurait pour résultat immédiat une perte significative de vitesse air et de portance, due à la traînée très importante générée par le calage des hélices. L'inversion de la traction empêcherait le souffle normal des ailes et de l'empennage et conduirait vraisemblablement l'avion au décrochage.

Remarque : au cours des entretiens qu'ils ont eus, les enquêteurs ont noté une confusion chez la plupart de leurs interlocuteurs entre la « plage bêta » et la « plage inverseur bêta ».



PROPELLER BLADE ANGLES

### 1.16.6 Prévention du passage en plage inverseur bêta au cours du vol

Le manuel de vol du DHC-6-300 interdit d'utiliser la plage inverseur bêta au cours du vol (cf. annexe 3). De plus, un «Supplément Sécurité des Vols», dans lequel le constructeur rappelle les risques liés au passage en plage inverseur bêta au cours du vol, a été diffusé en octobre 1979. Ce document doit être inséré dans le manuel de vol et être connu de tous les équipages (cf. annexe 4).

Enfin, le constructeur a prévu les protections suivantes :

- une butée mécanique, installée sur le bloc de manettes de puissance, qui empêche le pilote de passer par inadvertance <sup>(3)</sup> à une valeur inférieure au ralenti vol (11°) ;
- une double alarme répétitive d'avertissement de couleur bleue (annexe 8), optionnelle, qui indique le dépassement de la butée.

Remarque : si les manettes d'hélice n'ont pas été placées en position plein petit pas de façon symétrique, un voyant jaune s'allume mais le passage en mode bêta reste possible. Cette dissymétrie n'aurait d'effet sensible qu'en cas de remise de gaz.

<sup>3</sup> En sens contraire, vers les augmentations de puissance, la butée n'existe pas. Le mouvement est continu.

## **1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion**

### **1.17.1 Caribéenne des Transports Aériens - Air Caraïbes**

La Caribéenne des Transports Aériens - Air Caraïbes résulte de la fusion des compagnies Air Caraïbes SA, Air Guadeloupe, Air Martinique, Air Saint-Barthélemy et Air Saint-Martin. Son siège social est aux Abymes (Guadeloupe).

Les spécifications opérationnelles associées à son certificat de transporteur aérien ont été mises à jour le 15 mars 2001 pour l'exploitation en transport de passagers de deux EMB 145, trois ATR 72, deux ATR 42 et un Do 228. Ce certificat était valide le jour de l'accident.

L'entreprise est titulaire des homologations TRTO, délivrées par la DGAC, pour les qualifications de type Do 228, ATR 42/72 et EMB 135/145.

Environ quatre cents personnes sont employées par la Caribéenne des Transports Aériens - Air Caraïbes, dont quarante-cinq pilotes et trente-cinq navigants de cabine.

### **1.17.2 Caraïbes Air Transport**

Le siège social de Caraïbes Air Transport est au Lamentin (Martinique) ; son certificat de transporteur aérien lui a été délivré le 2 juin 1995. Les spécifications opérationnelles associées ont été mises à jour le 16 octobre 2000 pour l'exploitation en transport de passagers et de fret de six Cessna 208B « Caravan », huit Do 228 et un DHC-6-300 « Twin Otter » (le F-OGES). Ce certificat était valide le jour de l'accident.

## **1.18 Renseignements supplémentaires**

### **1.18.1 Formation et contrôles dispensés par Air Caraïbes**

La préparation à la qualification de type DHC-6 dispensée par Air Caraïbes dans le cadre de son homologation TRTO comprend :

- vingt-huit heures de formation théorique ;
- huit heures et vingt-cinq minutes de formation en vol, incluant vingt posés-décollés, quinze décollages et quinze atterrissages complets.

La qualification de type est délivrée à l'issue d'un contrôle au sol et d'un contrôle en vol. Le programme n'impose pas d'atterrissage à Saint-Barthélemy. Cependant, les pilotes amenés à se poser sur cet aérodrome reçoivent systématiquement un entraînement spécifique préalable.

### **1.18.2 Témoignages**

De nombreuses personnes qui se trouvaient aux environs de l'aérodrome, sur terre ou en mer, ont pu voir et entendre l'avion avant l'accident. Ces personnes, parmi lesquelles des

professionnels de l'aviation civile, décrivent les positions et les mouvements du F-OGES avec assez de précisions pour permettre de reconstituer en partie la phase terminale de vol.

Ainsi, après une approche qui a semblé à la majorité d'entre elles plus basse que celles qu'elles avaient l'habitude de voir, elles ont toutes vu l'avion en assiette à cabrer partir en virage à gauche puis piquer avec un fort bruit de moteur.

### 1.18.2.1 L'agent AFIS

L'agent AFIS en fonction à la tour de contrôle indique avoir été contacté par radio par le copilote à 16 h 15 (heure locale) alors que le F-OGES passait par le travers de Fourchue. Il a fourni les informations utiles à l'atterrissage et demandé à l'équipage de le contacter à hauteur du Pain de Sucre. Lors de ce nouveau contact, l'agent AFIS a communiqué le dernier vent et précisé que la piste était dégagée. Le copilote a accusé réception. Pour l'agent AFIS, tout paraissait alors normal à bord. Quelques instants plus tard, lorsqu'il a regardé en direction du col, l'avion était en virage par la gauche, ventre visible, sur une trajectoire plus basse que celles habituellement suivies par les DHC-6. Il n'a pas attendu et a déclenché immédiatement les secours.

L'agent AFIS a indiqué que l'enregistreur de communications radio de la tour était en panne depuis environ dix-huit mois.

Avec l'aide de l'agent AFIS, les enquêteurs ont pu identifier la position initiale du F-OGES dans le col de la Tourmente lorsqu'il est apparu dans son champ visuel.



La photographie montre un avion d'une autre compagnie au passage du col. Le repère indique la position du F-OGES lors de son virage à gauche.

### 1.18.2.2 Le superviseur d'Air Caraïbes

Le superviseur d'Air Caraïbes à Saint-Barthélemy a indiqué que le commandant de bord l'avait contacté sur la fréquence interne compagnie vers 16 h 15 (heure locale) et lui avait précisé qu'après l'atterrissage, il ouvrirait lui-même la porte de soute « bricolée » avant le décollage de Saint-Martin.

### 1.18.2.3 Un pilote instructeur

Un pilote instructeur de Caraïbes Air Transport, avec une expérience de 1 500 h de vol sur le F-OGES, habite sur les hauteurs est de Gustavia, à droite de l'axe d'approche en piste 10. De sa terrasse, il peut voir les avions entre le Pain de Sucre et le col de la Tourmente. Le jour de l'accident, il a vu le F-OGES arriver sur une trajectoire qui lui a paru normale au début mais un peu basse en courte finale par rapport à ce qui se pratique normalement. Pour lui, cette trajectoire peut s'expliquer par les vents rabattants que l'avion peut subir à cet endroit. Il a entendu remettre les gaz, mais avec un dosage beaucoup plus important que pour une simple correction, suffisante en approche. L'avion a alors pris une assiette à cabrer puis a viré doucement vers la gauche avant de prendre une inclinaison d'environ 60° à gauche. L'aile gauche a ensuite décroché et l'avion a piqué vers le sol juste avant le col de la Tourmente.

Ce pilote a rapporté s'être trouvé, le matin de l'accident, sur le terrain en compagnie d'autres pilotes de la compagnie. Le commandant de bord du F-OGES, qui les avait rejoints, a dit *qu'il ne trouvait pas bien ses marques avec cet avion pour les approches et les atterrissages à Saint-Barthélemy*. Le témoin lui a alors décrit la façon dont il procédait, c'est-à-dire une approche initiale à mille cinq cents pieds puis la descente en tenant le plan jusqu'au toucher des roues, mais le commandant de bord a indiqué qu'il préférerait prendre un plan d'approche plus bas.

### 1.18.2.4 Le directeur de Caraïbes Air Transport

Le directeur de Caraïbes Air Transport est instructeur. Il assure la formation aux qualifications de type et aux qualifications de site. Il connaît bien le DHC-6 et considère qu'en configuration volets plein sortis, cet avion nécessite beaucoup d'anticipation. Il pense que certains pilotes utilisent la « plage bêta » lors de certaines phases d'approche en dépit de l'interdiction du constructeur.

Le vol de renouvellement de qualification de classe qu'il avait effectué avec le commandant de bord le 17 novembre 2000 sur DHC-6 avait été satisfaisant. Il avait porté à la section 6, Atterrissage, le commentaire : « Pourquoi si tard dans l'axe aux Saintes ? » et explique cette remarque par le fait que le commandant de bord, se sentant à l'aise sur l'avion, avait tendance à faire des prises de terrain en U, c'est-à-dire en virage, contrairement à une prise d'axe beaucoup plus haute et distante. Il souligne que c'était un excellent manœuvrier qui connaissait parfaitement le DHC-6.

Il indique que le commandant de bord avait eu une interruption de vol sur DHC-6 du 17 novembre 2000 au 22 mars 2001. La veille du 22, premier jour où ce pilote avait transporté des passagers, il lui avait rappelé la nécessité de réaliser les trois décollages et atterrissages imposés par la réglementation en cas d'interruption supérieure à quatre-vingt-dix jours. Le commandant de bord lui avait répondu qu'il croyait que la limite était de cent vingt jours. Il ignore s'il avait effectivement réalisé ces décollages et atterrissages.

Pilote expérimenté, le commandant de bord était coordinateur du personnel navigant de la base de Pointe-à-Pitre. Sur le plan humain, son directeur le décrit comme quelqu'un d'enjoué, ayant une forte personnalité, très compétent et toujours disponible.

Il était prévu qu'à l'issue du dernier vol de la journée, le commandant de bord convoie le F-OGES sur sa base opérationnelle Saint-Martin Grand Case, où il devait participer à un match de football.

Le directeur de CAT avait qualifié le copilote sur DHC-6 la semaine précédant l'accident. Il considère que son pilotage était moyen, compte tenu de son expérience. Il avait eu connaissance d'un différend entre le commandant de bord et le copilote le matin de l'accident lors de l'atterrissage à Saint-Martin. Il avait alors demandé par téléphone au commandant de bord d'aider son copilote plutôt que de le « stresser ».

Les deux pilotes n'avaient jamais volé ensemble avant le 22 mars 2001.

#### **1.18.2.5 Un mécanicien**

Le 24 mars au matin, un mécanicien de la compagnie s'était rendu sur l'île de Saint-Barthélemy à bord du F-OGES, dans le cadre d'une action de maintenance préalable à une approbation pour remise en service (APRS). Il était assis en place droite au premier rang de la cabine. Il avait trouvé l'atterrissage assez dur et remarqué que le pilote avait posé le train avant tout de suite après le train principal, ce qui est contraire à la pratique qui veut que l'avion soit tenu sur le train principal le temps de décélérer, ce qui permet de poser le train avant en douceur. A l'arrêt, il en avait fait la remarque au commandant de bord sur le ton de la boutade. Ce dernier avait répondu qu'il n'avait pas encore retrouvé le « feeling » qu'il avait dans le temps avec cet avion car il ne volait dessus que depuis deux jours ; il avait ajouté que par le passé, il utilisait la « bêta » en approche pour se ralentir et qu'il allait essayer cela pour les prochaines rotations. Le mécanicien observant que le passage en « plage bêta » était interdit au cours du vol, le commandant de bord lui avait répondu sèchement qu'il n'allait pas lui apprendre à piloter un Twin Otter.

#### **1.18.2.6 Le responsable de l'entretien à Air Caraïbes**

Le responsable de l'entretien à Air Caraïbes a indiqué que, trois semaines avant l'accident, un réglage avait été apporté dans l'alignement des manettes de puissance à la demande des pilotes. Il a ajouté que la « plage bêta » était utilisée par certains pilotes pour plaquer l'avion au sol après l'arrondi et précisé que le constructeur interdit le passage en « plage bêta » en vol à cause du risque de passer les hélices en mode « reverse ». De plus, en cas de remise des gaz, les temps de réponse des moteurs n'étant pas identiques, il y a un risque d'embarquée latérale.

Le mécanicien chargé de l'entretien du F-OGES lui avait rapporté la conversation qu'il avait eue avec le commandant de bord le matin du vol de l'accident, lorsque ce dernier lui avait dit qu'il utiliserait la « plage bêta » pour les prochains vols.

#### **1.18.2.7 Divers habitants**

Une demi-douzaine de personnes habitant dans la zone ouest du col de la Tourmente ont vu l'avion, plus bas que ceux qu'elles ont l'habitude de voir dans cette partie de l'approche. Pratiquement toutes ont entendu un fort bruit de moteur (c'est ce qui a attiré leur regard) et vu l'avion avec « le nez haut » partir en virage par la gauche, s'incliner très fortement sur l'aile gauche puis piquer vers le sol.

Une personne dont le domicile est à droite de l'axe d'approche quand les avions se posent face à l'est a relaté les mêmes faits avec une précision : l'avion était trop à droite de la ligne d'arrivée par rapport aux avions qu'elle a l'habitude de voir approcher.

Un marin qui travaillait sur un bateau dans la rade de Gustavia a observé l'avion avec une paire de jumelles et a remarqué qu'il faisait demi-tour par la gauche. Puis, l'avion s'est incliné très fortement sur l'aile gauche, a piqué et s'est écrasé. Il s'en est suivi immédiatement une explosion et un incendie.

#### **1.18.2.8 Un commandant de bord**

Un commandant de bord sur DHC-6 de la CAT a indiqué que l'un des problèmes du DHC-6 réside dans le fait que, pour suivre des plans d'approche forts du type de celui de Saint-Barthélemy, les pilotes sont rapidement en butée de manche avant, même quand la puissance est complètement réduite. Ce problème est d'autant plus critique que le centrage de l'avion est arrière. C'est une des raisons pour lesquelles certains pilotes utilisent la « plage bêta » au cours de l'approche. Dans ce cas, il est possible de passer sous le plan avec une vitesse faible. Si les manettes de puissance sont tirées par erreur au-delà de la « plage bêta », les hélices passent en mode « reverse », de façon plus ou moins symétrique. Il faut alors remettre les gaz et une dissymétrie possible du dévirage des hélices risque d'aboutir à une perte de contrôle. Les pilotes évitent d'être « tout réduit », afin de conserver une réserve de puissance en cas de remise des gaz. Il a ajouté qu'une autre difficulté sur cet avion est la faible vitesse maximum de sortie des volets (VFE). Ceci nécessite de réduire très fortement la vitesse avant de pouvoir sortir les volets et on peut être tenté de passer en « plage bêta » pour y parvenir.

#### **1.18.2.9 Un pilote retraité**

Un pilote retraité de la CAT, ayant environ dix mille heures de vol sur Twin Otter, a indiqué que les pilotes, lui compris, utilisaient parfois le « mode bêta » pour maintenir la vitesse et le plan de descente au cours des phases d'approche, notamment à Saint-Barthélemy à cause des turbulences dues au relief.

#### **1.18.2.10 Deux passagers**

Deux passagers, dont un pilote privé, qui avaient fait la veille de l'accident le vol TX 1200 Saint-Barthélemy Saint-Martin avec le même équipage, ont rapporté qu'au décollage, en piste 10, le pilote assis à droite étant aux commandes, ils avaient entendu à deux reprises ce qu'ils pensent être une alarme de décrochage et qu'à chaque fois le commandant de bord avait repris vigoureusement les commandes en faisant des remontrances au copilote. L'atterrissage à Saint-Martin s'était fait durement, et à nouveau le commandant de bord avait fait des remarques au copilote sur un ton de reproche très prononcé.

#### **1.18.2.11 Un mécanicien de Winair**

Un mécanicien de la compagnie Winair a rapporté qu'il était intervenu avec deux autres mécaniciens sur le F-OGES avant son décollage pour Saint-Barthélemy. L'intervention avait consisté à débloquent le système de verrouillage de la porte de soute arrière et avait duré entre dix et quinze minutes. Elle avait été réalisée en présence du copilote, le commandant de bord étant resté à bord. Le mécanicien a ajouté que le copilote était très pressant et qu'une fois la réparation effectuée, la conversation entre lui et le commandant de bord avait semblé houleuse.

### 1.18.3 Exigences réglementaires relatives à l'expérience récente

Le paragraphe OPS 1.970 (expérience récente) de l'annexe à l'arrêté du 12 mai 1997 relatif aux conditions techniques d'exploitation d'avions par une entreprise de transport aérien public (OPS 1) dispose que :

(a) - « *L'exploitant doit s'assurer que :*

- (1) *Commandant de bord - Un pilote ne peut exercer en tant que commandant de bord que s'il n'a effectué (sic), dans les quatre-vingt-dix jours qui précèdent, au moins trois décollages et trois atterrissages, à bord d'un avion du même type ou sur simulateur du type d'avion sur lequel il exerce, qualifié et approuvé à cet effet, conformément aux dispositions de l'arrêté du 16 juillet 1998 relatif aux qualifications des simulateurs de vol avion, et*
- (2) *Copilote – [...]. »*

(b) - « *La période de quatre-vingt-dix jours peut être étendue à cent vingt jours maximum pour un membre d'équipage de conduite volant en ligne sous supervision d'un instructeur/examineur de qualification de type. Pour des périodes au-delà de cent vingt jours, l'exigence d'expérience récente est satisfaite par un vol d'entraînement ou l'utilisation d'un simulateur de vol approuvé. »*

Remarque : la rédaction de la condition (b) est confuse ; la DGAC consultée a précisé qu'il convenait de comprendre que la condition du (a) était remplacée par d'autres conditions lorsque la durée de l'interruption dépassait quatre-vingt-dix jours.

### 1.18.4 Exigences opérationnelles relatives à Saint-Barthélemy

L'atterrissage sur l'aérodrome de Saint-Barthélemy requiert une qualification de site pour les pilotes commandants de bord. A la CAT, cette qualification est délivrée par un pilote instructeur agréé de la compagnie aux pilotes pouvant justifier au minimum de deux mille heures de vol.

Le manuel d'exploitation précise que la qualification de site effectuée sur DHC-6 est valable sur Dornier 228 et vice versa. Il y est indiqué en outre que les pilotes détenteurs de la qualification de site doivent avoir réalisé au moins deux atterrissages à Saint-Barthélemy dans les douze derniers mois. Dans le cas contraire, un contrôle sur la destination doit être effectué par un instructeur.

Le manuel d'exploitation précise également que le survol du terrain est obligatoire avant l'atterrissage <sup>(4)</sup> et que le commandant de bord effectue le décollage <sup>(5)</sup>.

---

<sup>4</sup> Il a été indiqué aux enquêteurs que l'exploitant admettait que les équipages qui effectuent plusieurs rotations Saint-Martin / Saint-Barthélemy ne fassent pas le survol du terrain avant de se poser.

<sup>5</sup> Dans la pratique, les pilotes instructeurs peuvent laisser décoller le copilote sous supervision.

 DHC6	<b>CARAÏBES AIR TRANSPORT</b>	ÉDITION I Oct 00 AMENDEMENT N°0
	<b>MANUEL D'EXPLOITATION</b>	
	<b>PERFORMANCES</b>	

## 4.5 UTILISATION PISTE SBH

La compagnie C.A.T est autorisée à utiliser l'aérodrome de ST Barthélémy au QFU 10

Voir procédure ci-après.

### 4.5.1 PROCEDURE A ADOPTER A ST BARTHELEMY

NB : Cette destination est réservée aux pilotes ayant suivi l'entraînement spécifique.

#### 1) ATERRISSAGE :

- Le survol du terrain est obligatoire même si il y a eu contact radio préalable avec l'AFIS
- L'atterrissage est interdit en cas de vent de travers supérieur à 15Kts
- Si l'avion n'a pas touché à la deuxième bretelle, remettre la puissance.

#### 2) DECOLLAGE

- Conditions sur site : Pas de vent arrière, vent travers inférieur à 10 kts, avion aligné en début de piste.
- Remplir le carton de décollage :Après avoir déterminé la V1 Réduite, (Tableau en annexe) et le torque max.
- Aligné sur la piste : Bien s'assurer du bon fonctionnement de la mise en drapeau Automatique et des inverseurs de pas d'hélice.

#### 3) LE CDB EFFECTUE LE DECOLLAGE DANS TOUS LES CAS.

- Il met et vérifie la puissance sur les freins
- Le copilote annonce V1, VR, V2

#### 4) PANNE AVANT V1 :

Le CDB annonce l'arrêt décollage

Réduit la puissance, freine et maintient l'axe de piste avec la dirigeabilité de la roulette avant, si nécessaire.

#### 5) PANNE APRES V1

- Le CDB annonce : On continue
- Maintien l'avion au sol jusqu'à VR en s'aidant du nose wheel steering
- L'OPL vérifie et effectue les affichages de puissance sur le moteur vif et annonce VR et V2.
- Aucune action n'est entreprise avant 400ft. A 400ft l'OPL traite de la panne, dans ce cas, garder les volets 10° jusqu'à 1000FT et dégager ST MARTIN JULIANA.

### 1.18.5 Actions de l'équipage en approche et à l'atterrissage

Les tâches de l'équipage pendant l'approche et avant l'atterrissage figurent dans les deux cartouches ci-après (pages B2/19 et 20 du manuel d'exploitation). Elles ne présentent pas de difficultés particulières pour un équipage normalement entraîné. Pour Saint-Barthélemy, ces check-list sont terminées lorsque l'avion se trouve entre mille et huit cents pieds, ce qui laisse suffisamment de temps au pilote pour se consacrer au pilotage et à la tenue du plan (12 %), principale difficulté du site.

APPROCHE		
PNF. BOTH	Taxi light Circuits hydrauliques	ON. VERIFIES.
BOTH	Freins	EN PRESSION.
PNF. CDB. BOTH	Système carburant Steering Altimètres	VERIFIE. VERIFIE. VERIFIES.
PNF.	Annonce pax	EFFECTUEE.

AVANT ATERRISSAGE		
PNF. BOTH	Phares Volets	EN FONCTION. ANNONCES.
PNF.	Hélices	PLEIN PETIT PAS.
PNF.	Panneau alarmes	VERIFIE.
PNF.	Radar	STBY.
PNF.	Vitesse approche	ANNONCEE.

#### 1.18.6 Mesures prises depuis l'accident

Des travaux, destinés à abaisser de six mètres la hauteur du col de la Tourmente et à procéder au déplacement au sud de la route qui y passe, ont débuté au cours du deuxième trimestre 2001. Leur but est de permettre à la fois une approche plus sécurisante des aéronefs en piste 10 et de limiter les turbulences aérologiques.

Une nouvelle tour de contrôle équipée de moyens radio plus performants a été érigée. Elle permet à l'agent AFIS d'avoir une meilleure vision du trafic à l'arrivée et au départ.

#### 1.18.7 Passages en plage inverseur bêta en vol

Pour la flotte DHC-6, le constructeur Bombardier - De Havilland n'a eu connaissance d'aucun cas d'accident dû au passage en vol en plage inverseur bêta.

Par ailleurs, trois événements survenus entre 1994 et 1996 sur DHC-8 ont été portés à la connaissance du constructeur, sans qu'il ait été possible de mettre en évidence si le passage en plage inverseur bêta au cours du vol avait été réalisé par inadvertance ou s'il avait été volontaire.

La base de données ASRS (NASA/FAA) relate qu'en février 1998, un équipage de DHC-6 avait connu un passage en vol de l'hélice droite en position inverseur alors que l'avion évoluait à trois mille cinq cents pieds. La check-list appliquée avait permis de passer l'hélice en drapeau. L'avion s'était posé sans autre problème.

#### **1.18.8 Accident aux Etats-Unis d'un CASA C-212**

Le 4 mars 1987, le CASA C-212-CC immatriculé N-160FB de la compagnie Fischer Bros. Aviation, inc., effectuant le vol régulier F 2268 au profit de la compagnie Northwest Airlinck entre Cleveland (Ohio, USA) et Detroit (Michigan, USA), s'était écrasé alors qu'il était établi en finale (Metropolitan Wayne County Airport, Romulus, Michigan).

L'avion avait été détruit par le choc et par l'incendie qui s'était déclaré. Neuf des dix-neuf personnes qui se trouvaient à bord avaient péri, dont les deux pilotes.

L'absence d'enregistreur de vol avait conduit les enquêteurs à exploiter essentiellement les indices relevés sur l'épave, la trajectoire finale tirée des enregistrements radar et les témoignages recueillis. Les survivants et les témoins avaient tous entendu des bruits de moteurs inhabituels juste avant la perte de contrôle.

Le rapport du NTSB contient la cause probable suivante : « l'incapacité du commandant de bord à contrôler l'avion en essayant de sortir d'une dissymétrie de puissance à faible vitesse, due à l'utilisation intentionnelle du mode bêta de fonctionnement des hélices afin de faire descendre et de ralentir rapidement l'avion en approche finale ».

#### **1.18.9 Validité de la licence du commandant de bord**

Le 19 mai 1994, par décision numéro 19652 du Conseil Médical de l'Aéronautique Civile, le commandant de bord avait bénéficié d'une dérogation avec restrictions. Celles-ci imposaient la présence d'un second pilote qualifié sur le type d'appareil, une surveillance semestrielle par la Commission médicale de Pointe-à-Pitre et une représentation du dossier au CMAC un an plus tard.

En novembre 1994 et en mai 1995, ce pilote avait subi des examens conformément à la surveillance semestrielle requise. La seconde fois, il avait été déclaré apte sans dérogation ni restriction par la Commission médicale de Pointe-à-Pitre. Depuis cette date, la surveillance semestrielle avait été abandonnée, sans décision du CMAC.

Or, les restrictions étant du seul ressort du CMAC, comme le prévoit l'arrêté du 2 décembre 1988 modifié, elles ne pouvaient être levées que par cet organisme. Ainsi, bien qu'il ait été reconnu médicalement apte, la licence du commandant de bord n'était pas administrativement en état de validité.

Remarque : l'arrêté du 29 mars 1999, applicable au 1<sup>er</sup> juillet 1999, a supprimé la prise en compte du certificat d'aptitude par le district aéronautique pour le renouvellement de la licence. Il s'agit dorénavant d'un document séparé, soumis à des contrôles a posteriori. Par ailleurs, les copies des fiches d'examen médical d'aptitude de tous les pilotes, privés et professionnels, doivent dorénavant être communiquées au CMAC. Cependant, les moyens de cet organisme n'ont pas été modifiés et il n'est pas certain qu'il dispose des ressources suffisantes pour traiter de façon satisfaisante le nombre important de fiches reçues.

## **2 - ANALYSE**

### **Point sur les constatations**

L'enquête n'a pas mis en évidence d'élément médical susceptible d'être en rapport avec l'accident. Bien que, sur le plan administratif, la licence du commandant de bord n'était pas valide le jour de l'accident, ce fait n'est pas contributif à la séquence causale de l'accident.

Les constatations faites sur le site, l'étude des dossiers d'entretien de l'avion ou de préparation du vol, les examens pratiqués sur la cellule, les moteurs et les hélices n'ont fait apparaître aucun dysfonctionnement ou anomalie particulière de nature à conduire à l'accident ou à y contribuer.

En l'absence d'enregistreurs de vol, les enquêteurs ne disposaient pas des paramètres fondamentaux (vitesse, cap, altitude...) permettant d'analyser la trajectoire ou d'identifier les actions de l'équipage sur les commandes de vol et/ou sur les manettes de puissance. L'absence d'enregistrement des conversations avec la tour de Saint-Barthélemy et l'absence de trace radar ont également compliqué les travaux d'enquête.

Les seuls éléments pertinents disponibles pour la compréhension de l'accident sont, d'une part, les indices recueillis sur l'épave et les résultats des travaux effectués à l'aide du film retrouvé sur place, d'autre part, les observations des témoins du vol, et, plus largement, l'ensemble des témoignages recueillis dans l'environnement professionnel de l'équipage.

De ce fait, l'analyse portera sur :

- les éléments de contexte opérationnel, dans le cadre de ce type d'exploitation ;
- les scénarios qui auraient pu conduire aux évolutions de l'avion décrites par les témoins.

### **2.1 Eléments de contexte opérationnel**

#### **2.1.1 Expérience des deux pilotes**

Les deux pilotes ont volé en équipage, à bord du F-OGES, le jour de l'accident et au cours des deux jours précédents, soit vingt-six vols, tous entre les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy.

Le commandant de bord avait une grande expérience du DHC-6 et du site mais il n'avait volé au cours des trois mois précédents que sur Dornier 228. Les caractéristiques de vol et le pilotage de cet avion sont différents de ceux du DHC-6, les vitesses d'approche ne sont pas les mêmes, les sensations aux commandes et l'ergonomie des cockpits présentent des différences marquées. Les habitudes naturellement prises durant ces trois mois ont probablement perturbé ce pilote lors des approches et des atterrissages à Saint-Barthélemy. Il ne se sentait pas à l'aise, comme il l'avait confirmé à ses collègues le jour même de l'accident. L'atterrissage dur du matin le confirme.

Le jour de la reprise de ses vols sur DHC-6, le commandant de bord ne remplissait plus les conditions d'expérience récente. Pour être à nouveau habilité à exercer les fonctions

de commandant de bord, il aurait dû effectuer un vol sous supervision. Or, cette reprise en main n'a pas eu lieu comme on peut le constater à l'examen du carnet de vol de l'intéressé (cf. 1.5.1). Il est surprenant que l'exploitant ne s'en soit pas assuré. Cependant, on peut noter que rien n'imposait d'atterrir à Saint-Barthélemy lors de la reprise en main et que l'accident est survenu après trois journées d'activité intense.

Par ailleurs, l'expérience opérationnelle du copilote sur l'avion se limite, depuis la qualification de type obtenue en décembre 2000, à un peu plus d'une dizaine d'heures de vol, toutes réalisées en place droite. Son rôle au cours de l'approche et de l'atterrissage à Saint-Barthélemy consiste à vérifier certains instruments de bord, à placer les manettes hélices en plein petit pas, à faire les annonces techniques et commerciales et à assurer les liaisons radio. En aucun cas il n'est amené à agir sur les manettes de puissance ou les commandes de vol.

### **2.1.2 Contexte du vol**

L'approche et l'atterrissage à Saint-Barthélemy sont particulièrement délicats et les marges réduites : en cas de trajectoire incorrecte, seule une remise des gaz est envisageable. Pour un vol court, une telle manœuvre représente un allongement de durée non négligeable. Or le F-OGES avait déjà une heure de retard sur l'horaire prévu. Le commandant de bord souhaitait vraisemblablement éviter d'augmenter ce retard (c'est peut-être d'ailleurs la raison qui l'a amené à évoluer dans la tranche basse de l'altitude habituelle des vols entre les deux îles - cf. 1.16.3.2). Peut-être même voulait-il tenter un atterrissage particulièrement court pour éviter d'avoir à faire demi-tour en bout de piste et regagner ainsi un peu du temps perdu.

Lui-même d'ailleurs avait des contraintes à la fois professionnelles et personnelles. En effet, après cette ultime rotation il devait convoier le F-OGES sur l'aérodrome de Saint-Martin Grand-Case puis participer à un match de football.

En outre, l'incident de la fermeture de la porte de soute au départ l'avait agacé, si l'on se réfère au témoignage des mécaniciens de Saint-Martin et au message radio qu'il a passé aux opérations de la CAT avant l'atterrissage à Saint-Barthélemy.

Ainsi, le vol paraît avoir été marqué à la fois par la pression temporelle et par un stress plus intense que pour un vol ordinaire.

### **2.1.3 Relations au sein de l'équipage**

En dépit de ses qualités, reconnues de tous, le commandant de bord était réputé avoir une forte personnalité. Celle-ci s'est exprimée au moins à trois reprises :

- lors d'un vol, la veille de l'accident, lorsqu'il a été entendu faire des reproches assez virulents à son copilote au décollage puis à l'atterrissage ;
- lors de son entretien avec un mécanicien après l'atterrissage dur du matin ;
- à l'occasion de l'incident de fermeture de la porte de soute à Saint-Martin.

Compte tenu de la forte personnalité de son commandant de bord et des remarques que celui-ci avait eu l'occasion de lui adresser à plusieurs reprises, il est vraisemblable que le

copilote, qui n'avait en outre qu'une faible expérience sur DHC-6, n'était pas enclin à intervenir sur la conduite du vol mais bien à se cantonner à l'exécution de ses tâches.

#### **2.1.4 Les vols courts et répétitifs**

Le vol de l'accident était la huitième étape de la journée entre les deux îles, ce qui représente environ quatre heures de vol. Ce chiffre n'est pas élevé en valeur absolue, mais quand il est ramené au nombre d'étapes, et en incluant les tâches à effectuer avant et après les vols, il représente une charge de travail importante, susceptible de générer rapidement de la fatigue.

De plus, l'aspect répétitif des vols et le fait d'atterrir souvent sur les mêmes aérodromes peuvent laisser s'installer certaines dérives, à l'encontre de la sécurité des vols. Ces dérives deviennent routinières, les limites de la sécurité sont repoussées sans que l'équipage ait conscience qu'il s'est installé progressivement dans une logique où les risques sont accrus.

L'utilisation en vol par certains pilotes des hélices dans la plage inverseur bêta illustre ce type de dérives. Un autre exemple en est le décollage de Saint-Barthélemy effectué la veille de l'accident par le copilote.

#### **2.1.5 Difficulté de l'approche en piste 10**

Les turbulences en amont du col de la Tourmente peuvent gêner le pilotage ; elles nécessitent en conséquence une vigilance et une attention permanente au cours de l'approche en piste 10. Les pilotes sont conscients de ces phénomènes mais ne peuvent pas totalement les éviter. C'est ainsi que certains adoptent une trajectoire avec laquelle ils se sentent plus à l'aise, compte tenu de leurs habitudes, de leurs sensations, de leur habileté et de leur connaissance de l'aéronef : certains la décalent à droite ou à gauche, d'autres préfèrent se présenter haut par rapport au plan d'approche normal.

Difficulté supplémentaire, dès le franchissement du col, les pilotes doivent afficher une assiette à piquer, ce qui n'est pas naturel si près du sol, afin de garantir un atterrissage aussi court que possible, compte tenu de l'infrastructure. Le manque d'aisance de certains pilotes peut d'ailleurs conduire occasionnellement à une sortie de piste.

Ce sont ces difficultés qui ont conduit les autorités à établir une exigence réglementaire de qualification de site, préalable à l'utilisation de l'aérodrome.

#### **2.1.6 Confusion entre « plage bêta » et « plage inverseur bêta »**

La confusion faite par de nombreuses personnes entre la « plage bêta » et la « plage inverseur bêta » tient plus d'une simplification abusive ou d'un jargon professionnel impropre que d'une méconnaissance des caractéristiques de la régulation. En effet, toutes les personnes rencontrées par les enquêteurs savaient que la plage interdite en vol correspond au dépassement de la butée mécanique et connaissaient les risques décrits par le constructeur. Cependant, à cause de cette imprécision de langage, l'intention évoquée par le commandant de bord d'utiliser la « bêta » ne peut être comprise comme impliquant nécessairement le passage de la butée. Même si cette interprétation est fortement probable, le doute subsiste.

## 2.2 Arbre des hypothèses

Tous les faits recueillis confirment que la perte de contrôle est survenue brusquement, immédiatement avant le passage du col. Les points communs des observations de ce que l'on peut qualifier « d'événement pivot » consistent en :

- une assiette à cabrer et un virage à gauche dont l'inclinaison s'accroît jusqu'à des valeurs proches de 90°, suivis d'un piqué de l'avion ;
- un fort bruit de moteur.

La méthode suivie consiste à identifier les hypothèses possibles de déclenchement de l'événement, à étudier les scénarios résultants, sur la base d'embranchements logiques, et à vérifier leur conformité à l'ensemble des faits établis par l'enquête. L'annexe 9 présente l'arborescence de l'analyse.

Le premier embranchement logique découle de la distinction entre un facteur déclenchant extérieur à l'équipage et un facteur qui lui serait lié.

### 2.2.1 Le facteur déclenchant est d'origine extérieure à l'équipage

Plusieurs facteurs extérieurs pourraient être à l'origine d'une assiette à cabrer suivie d'un virage à gauche à grande inclinaison.

#### Intervention d'un passager

L'intervention d'un passager dans le poste d'équipage aurait donné lieu à une réaction de l'équipage, menant à des attitudes et une trajectoire erratiques de l'avion, ce qu'aucun témoin n'a rapporté. Elle peut être éliminée.

#### Turbulences particulières

Lors de l'approche en piste 10, les pilotes rencontrent généralement des conditions de vol turbulentes qui nécessitent une vigilance particulière. Ces conditions habituelles ne peuvent toutefois conduire à une perte de contrôle sans l'existence d'un autre facteur, et dans ce cas elles ne sont que contributives. L'hypothèse d'une origine liée aux turbulences ne peut donc être retenue que si le phénomène est particulièrement intense. Or, ni les conditions météorologiques du jour ni les témoignages d'autres équipages ne font apparaître un tel phénomène.

#### Heurt d'un oiseau

Cette hypothèse peut être éliminée car aucune trace d'un tel choc n'a été relevée lors des examens des hélices et des bords d'attaque des surfaces portantes, aucune trace d'ingestion de corps étranger n'a été observée sur les moteurs.

#### Perte d'un élément de structure en vol

Cette hypothèse peut être éliminée car tous les éléments de la cellule, des commandes de vol et des gouvernes ont été retrouvés sur le site, y compris la porte de soute arrière qui avait fait l'objet d'une intervention de maintenance. De plus, toutes les ruptures étaient de type statique.

### Dysfonctionnement d'une gouverne ou d'une commande de vol

Aucun signe d'anomalie ou de dysfonctionnement n'a été identifié sur l'épave ; les traces de rupture sur les volets montrent un braquage symétrique. Cette hypothèse peut donc être éliminée.

### Masse et centrage de l'aéronef devenant hors normes au cours du vol

Pour le vol TX 1501, chaque soute contenait cent kilogrammes de bagages. Il a été établi qu'aucune porte ne s'était ouverte en vol. Par ailleurs, le déplacement longitudinal ou latéral de charges dans les soutes de faibles dimensions n'est pas de nature à modifier sensiblement le centrage de l'avion. Il en va de même pour le déplacement éventuel d'un ou deux passagers, d'autant plus qu'au moment de l'approche, ceux-ci sont normalement assis et attachés.

Cette hypothèse peut donc être éliminée.

### Dysfonctionnement d'un moteur

Les examens techniques ont permis d'établir que les deux moteurs fonctionnaient correctement et qu'ils développaient des puissances importantes et quasi symétriques au moment de l'impact. Ils ont également montré que les calages des pas des hélices étaient pratiquement symétriques au moment de l'impact. L'hypothèse reposerait donc sur un fait technique fugace sur l'un ou l'autre des moteurs générant une dissymétrie transitoire ayant entraîné une perte de contrôle définitive. Or,

- d'une part, une baisse de puissance fugace sur un seul moteur, notamment au régime d'approche, ne peut entraîner une telle perte de contrôle, même s'il s'agit d'un passage brutal en drapeau ;
- d'autre part, une augmentation de puissance du moteur droit dans des proportions susceptibles d'entraîner une perte de contrôle ne peut être que liée à une forme d'emballement de la turbine. Or, aucune trace de survitesse ou de température excessive n'a été mise en évidence ;
- enfin, un défaut de régulation sur une hélice en finale, avec le moteur à faible puissance, n'entraînerait qu'une légère dissymétrie, laquelle résulterait en un léger départ selon l'axe de lacet qui peut aisément être contré aux palonniers.

Cette hypothèse peut donc être éliminée.

En conclusion, aucun scénario découlant d'un facteur déclenchant d'origine extérieure à l'équipage ne peut être identifié.

## **2.2.2 Le facteur déclenchant est lié à une action de l'équipage**

Le second embranchement logique découle du caractère volontaire ou non d'une action de l'équipage conduisant aux mouvements de l'avion qui ont été décrits.

### **2.2.2.1 Action involontaire**

#### Perte de contrôle par décrochage

Le commandant de bord peut avoir laissé la vitesse de l'avion décroître, notamment sous la vitesse d'approche, le copilote ne s'en apercevant pas ou hésitant à intervenir (cf. 2.1.3). La diminution excessive de la vitesse air ou la rencontre d'une turbulence ou d'une rafale aurait alors entraîné le décrochage. Dans cette hypothèse, le bruit entendu par les témoins correspondrait à une tentative infructueuse de sortie du décrochage par augmentation de la puissance.

Cette hypothèse, bien que peu probable, ne peut être formellement exclue, l'absence d'enregistreur de paramètres de vol et d'enregistrement radar n'ayant pas permis de déterminer la vitesse air de l'avion pendant la phase d'approche.

#### Incapacité soudaine en vol

Les autopsies n'ont révélé aucun élément médical susceptible d'être en rapport avec l'accident. Cependant, une défaillance soudaine et brutale que l'autopsie ne permettrait pas d'identifier ne peut être écartée, tout en excluant qu'elle ait touché simultanément les deux pilotes. Dans ce cas, elle serait survenue au moment le plus critique du vol, ne permettant pas à l'autre membre d'équipage de réagir.

Cette hypothèse ne peut en conséquence être formellement exclue, en particulier si elle concerne le pilote en fonction. Il convient de noter que, dans ce cas également, un enregistreur de bord aurait vraisemblablement permis de statuer sur cette hypothèse avec certitude.

#### Passage par inadvertance des hélices en plage inverseur bêta

La conception de l'ergonomie des manettes de puissance évite au pilote de passer par inadvertance dans la plage inverseur bêta, puisqu'il faut réaliser pour cela un geste très différent du simple déplacement du bras ou de la main.

Cette hypothèse est donc exclue.

### **2.2.2.2 Action volontaire**

Une action volontaire, c'est-à-dire liée à une intention bien précise de la personne qui l'entreprend, peut s'inscrire dans un contexte d'utilisation normale ou correspondre à un écart par rapport aux procédures standardisées d'utilisation de l'avion ou à celles de l'exploitant. C'est ce nouvel embranchement logique qui est examiné ci-après.

#### 2.2.2.2.1 Action volontaire correspondant à une manœuvre normale

Des corrections de trajectoire de faible amplitude telles qu'elles sont normalement réalisées en approche finale ne peuvent expliquer la perte de contrôle de l'avion. Il convient donc d'envisager une manœuvre d'une amplitude substantielle.

### Approche interrompue en courte finale

L'avion étant en courte finale, près du col, le commandant de bord peut avoir décidé une interruption de l'approche, ce qui expliquerait l'augmentation entendue du bruit du moteur, et aurait perdu le contrôle de l'avion au cours de la manœuvre. Faute de connaître les paramètres de vol à ce moment, il est impossible de privilégier un mode de perte de contrôle dans une phase dynamique de cette nature, mais cette hypothèse générale serait compatible avec les attitudes décrites. Ainsi, par exemple, une prise d'assiette excessive à cabrer alors que la vitesse de l'avion est faible, associée à une rafale de vent, aurait pu entraîner un décrochage dissymétrique. Ou encore, peut être envisagé à titre d'illustration un positionnement dissymétrique des manettes d'hélice vers le plein petit pas qui n'aurait pas été détecté et qui aurait provoqué une dissymétrie de traction, au point d'amener la perte de contrôle.

L'hypothèse d'une perte de contrôle au cours d'une approche interrompue ne peut donc être exclue. Sa probabilité est toutefois faible en l'absence d'anomalie de l'avion, la remise de gaz étant une manœuvre normale en exploitation, à laquelle les équipages sont préparés et pour laquelle ils sont entraînés.

#### 2.2.2.2.2 Action volontaire correspondant à une manœuvre non prévue

##### Utilisation des hélices en plage inverseur bêta

Dans cette hypothèse, le pilote aurait amené les hélices dans la plage de fonctionnement inverseur bêta dans l'intention de perdre de l'énergie pour corriger la vitesse, rattraper le plan de descente ou raccourcir au maximum l'atterrissage. En effet, comme cela a été décrit au chapitre 1.16.5, l'hélice agit alors comme un frein puissant.

Il se peut qu'à ce moment une dissymétrie soit née, mais elle aurait été de relativement faible amplitude compte tenu de la faible traction installée en approche et aurait pu être détectée et vraisemblablement contrée rapidement. En revanche, à la suite de l'entrée en plage inverseur bêta, l'avion peut avoir eu un comportement indésirable (alarme de décrochage, buffeting, etc.) ou avoir atteint la vitesse recherchée, l'effet désiré étant obtenu. Dans un cas comme dans l'autre, il convient à ce moment de ressortir de la plage inverseur bêta. C'est alors que le pilote aurait repoussé énergiquement les manettes vers leur plage d'utilisation normale en augmentant la puissance, ce qui expliquerait le changement du bruit du moteur. Une dissymétrie dans le mouvement des manettes de puissance ou dans le fonctionnement du mécanisme des hélices, voire dans la position des manettes d'hélice, aurait alors conduit à une dissymétrie entre les moteurs d'une ampleur telle qu'elle aurait provoqué un départ en lacet violent, induisant un fort roulis par la gauche, associé éventuellement au décrochage de l'aile gauche, puis le départ à piquer, le pilote ne parvenant pas à reprendre le contrôle de l'avion, à la fois trop lent et trop près du sol à ce moment.

Cette hypothèse, qui correspond à une pratique dont l'existence est connue et les conséquences potentielles bien identifiées, paraît confortée par la déclaration faite le matin même par le commandant de bord.

##### Approche réalisée par le copilote

A l'instar du décollage de Saint-Barthélemy réalisé la veille, le commandant de bord aurait autorisé son copilote à réaliser l'approche sur Saint-Barthélemy, sans pour autant se charger des communications avec la tour. Dans ce cas, il y a tout lieu de penser qu'il aurait exercé une vigilance renforcée sur son copilote.

L'apparition d'une importante dissymétrie entre les manettes de puissance, envisagée puisque leur manipulation par le pilote en place droite n'est pas aisée sur le plan ergonomique, ou le décrochage par diminution excessive de vitesse auraient toutes deux logiquement été détectées et récupérées par le commandant de bord.

Ce n'est que dans le cas d'une remise des gaz, avec ce qu'elle implique comme rapidité d'exécution et ampleur de l'action sur les manettes de puissance, qu'une maladresse du copilote aurait pu échapper à la vigilance du commandant de bord. Mais ce scénario implique qu'il ait non seulement confié l'approche au copilote, mais qu'il lui ait aussi laissé faire la remise de gaz.

Le cumul de faits très peu probables amène à écarter cette hypothèse, mais il convient de noter que, dans ce cas, un enregistreur de bord aurait vraisemblablement permis à lui seul de l'éliminer ou de la confirmer avec certitude.

\*            \*  
                 \*

En résumé, parmi les différentes hypothèses qui ont été analysées, quatre seulement peuvent être retenues : deux résultant d'actions involontaires de l'équipage - incapacité soudaine d'un membre d'équipage ou décrochage par diminution excessive de la vitesse - et deux d'actions volontaires de sa part - perte de contrôle au cours d'une remise des gaz ou utilisation en vol de la plage inverseur bêta - avec toutefois des probabilités nettement différentes.

Des quatre hypothèses retenues, les trois premières n'ont qu'une faible probabilité. C'est l'hypothèse d'un passage volontaire des hélices dans la plage inverseur bêta qui apparaît la plus probable.

## 3 - CONCLUSION

### 3.1 Faits établis par l'enquête

- L'avion possédait un certificat de navigabilité en état de validité.
- Le copilote possédait une licence en état de validité et les titres requis pour le vol.
- Le commandant de bord, bien que médicalement apte, ne possédait pas une licence valide sur le plan administratif.
- Le commandant de bord avait essentiellement volé sur Dornier 228 au cours des trois mois qui ont précédé l'accident.
- Le commandant de bord ne remplissait pas les conditions d'expérience récente sur DHC-6 au moment de la reprise des vols, deux jours avant l'accident.
- Lors de son dernier contrôle en vol sur DHC-6, le commandant de bord n'avait pas eu l'occasion d'atterrir à Saint-Barthélemy.
- Selon les témoignages, le commandant de bord ne se sentait pas à l'aise pour atterrir avec cet avion à Saint-Barthélemy.
- Le devis de masse et de centrage établi avant le décollage était erroné. Toutefois, le chargement et le centrage étaient dans les limites prescrites par le constructeur et cette erreur n'a pas contribué à l'accident.
- Le vol TX 1501 avait une heure de retard à cause de l'arrivée tardive de certains passagers en correspondance.
- Après la mise en route, un incident de fermeture de la soute arrière a nécessité une action de maintenance qui a retardé le décollage effectif d'une dizaine de minutes supplémentaires.
- L'approche en piste 10 à Saint-Barthélemy amène à survoler à très basse hauteur le col de la Tourmente et à subir des turbulences orographiques qui nécessitent une grande vigilance aux commandes. Toutefois, les conditions météorologiques au moment de l'accident ne présentaient pas de phénomène dangereux pour l'aviation.
- Aucune anomalie n'a été signalée par l'équipage avant l'accident.
- Plusieurs personnes ont vu l'avion en courte finale, peu avant le col de la Tourmente, prendre une assiette à cabrer, partir en virage à gauche avec une inclinaison croissante puis piquer ; elles ont aussi entendu un fort bruit de moteur.
- L'avion s'est écrasé avec une forte assiette à piquer près d'une maison, puis a pris feu.
- Tous les occupants de l'avion sont décédés à l'impact, un occupant de la maison est mort dans l'incendie.

- Les examens pratiqués sur l'épave, tant sur le site qu'en atelier, n'ont fait apparaître aucun dysfonctionnement préalable à l'accident.
- Aucun élément médical et pathologique susceptible d'être en rapport avec l'accident n'a été mis en évidence.
- L'avion n'était pas équipé d'enregistreur de vol, ce qui a privé l'enquête d'informations importantes, l'a compliquée et ralentie. L'absence d'enregistrement des radiocommunications dans la tour de contrôle et l'absence de trace radar ont également privé l'enquête d'indices qui auraient pu s'avérer utiles.
- L'exploitation d'un film vidéo retrouvé dans l'épave a confirmé que l'avion fonctionnait normalement pendant toute la partie filmée du vol, jusqu'au travers du Pain de Sucre, et que tout paraissait normal à bord.
- Le commandant de bord aurait envisagé d'utiliser « la bêta » en finale pour le vol de l'accident.

### **3.2 Causes probables de l'accident**

L'accident paraît résulter de l'utilisation par le commandant de bord des hélices dans la plage inverseur bêta, pour mieux contrôler sa trajectoire en courte finale. Une forte dissymétrie de traction au moment de la sortie de la plage inverseur bêta aurait provoqué la perte de contrôle de l'avion en lacet, puis en roulis.

L'enquête n'a pas permis d'exclure trois autres hypothèses qui peuvent toutefois être qualifiées de peu probables :

- une perte de contrôle au cours d'une approche interrompue ;
- une perte de contrôle par décrochage ;
- une perte de contrôle par incapacité soudaine d'un des pilotes.

Le manque d'expérience récente du commandant de bord sur ce type d'avion, la difficulté indéniable pour conduire l'approche en piste 10 à Saint-Barthélemy et la pression temporelle lors de ce vol constituent des facteurs contributifs.

La faible hauteur à laquelle est survenue la perte de contrôle est un facteur aggravant.

## 4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE

### 4.1 Recommandation émise en juillet 2001

En juillet 2001, le BEA a émis une première recommandation de sécurité dans le cadre de cette enquête :

*Il est regrettable que l'absence d'enregistreur de vol sur l'avion ne permette pas de déterminer rapidement les conditions des dernières minutes de vol. Plus de dix ans après la publication de l'arrêté du 5 novembre 1987, les dérogations alors apportées aux aéronefs anciens ne paraissent plus se justifier. En conséquence le BEA recommande que :*

- **la Direction Générale de l'Aviation Civile et les J.A.A. imposent dorénavant l'emport d'au moins un enregistreur de vol à bord des aéronefs de transport public de plus de neuf passagers autorisés et dont la masse maximale certifiée au décollage est inférieure ou égale à 5 700 kg, quelle qu'en soit la date de certification.**

Sur la base des informations et des observations reçues par le BEA, il apparaît utile de préciser l'urgence et le domaine d'application de cette recommandation. En particulier, il convient de noter que l'objectif de la recommandation est l'amélioration de l'efficacité des enquêtes aux fins de sécurité du transport aérien. En conséquence, le BEA recommande que :

- **la Direction Générale de l'Aviation Civile et les J.A.A. prennent en compte de façon urgente le besoin d'enregistreurs de bord pour la détermination rapide aux fins de sécurité des circonstances et des causes des accidents survenus en transport aérien public et qu'à cet effet ces organismes :**
  - **imposent au plus tôt et sans possibilité de dérogation l'emport d'au moins un enregistreur de vol à bord des avions exploités en transport public de masse maximale certifiée au décollage égale ou inférieure à 5 700 kg et dont la configuration maximale approuvée en sièges passagers est de dix ou plus, quelle qu'en soit la date de certification ;**
  - **étendent ces dispositions aux avions de même type effectuant du transport de fret ;**
  - **étudient l'extension de ces dispositions aux hélicoptères exploités en transport public.**

**4.2** Bien que son représentant en ait fait la remarque verbale à l'intéressé, l'exploitant ne s'était pas assuré formellement que le commandant de bord remplissait effectivement les conditions d'expérience récente exigées par la réglementation avant de reprendre le transport de passagers sur DHC-6. En conséquence le BEA recommande que :

- **la Direction Générale de l'Aviation Civile incite les exploitants à se doter des outils leur permettant d'assurer, dans le cadre de la réglementation, un suivi rigoureux de l'activité aéronautique de leurs pilotes.**

**4.3** La formulation du paragraphe OPS 1.970 de l'annexe à l'arrêté du 12 mai 1997 (Réglementation opérationnelle du transport public) prête à confusion en ce qui concerne la

possibilité de remplir les exigences d'expérience récente. De plus, elle ne tient pas compte des exigences particulières liées à la détention éventuelle d'une qualification de site. En conséquence, le BEA recommande que :

- **la Direction Générale de l'Aviation Civile, en liaison en tant que de besoin avec les JAA, revoie la rédaction du paragraphe OPS 1.970 ;**
- **la Direction Générale de l'Aviation Civile, en liaison en tant que de besoin avec les JAA, prenne en compte la détention d'éventuelles qualifications de site dans la détermination des conditions d'expérience récente.**

**4.4.** L'absence depuis plusieurs mois de moyen d'enregistrement des radiocommunications à la tour de contrôle de Saint-Barthélemy a privé l'enquête d'indices et de renseignements d'ordre technique qui auraient pu compléter ceux apportés par la bande vidéo. En conséquence le BEA recommande que :

- **la Direction Générale de l'Aviation Civile mette en place les moyens nécessaires pour que l'enregistrement des fréquences de radiocommunication attribuées soit assuré sans interruption de longue durée.**

**4.5** Les turbulences orographiques par vent de secteur est au dessus du col de la Tourmente amènent certains pilotes à suivre une trajectoire décalée par rapport à l'axe d'approche normal. Une manche à air est installée sur le flanc nord du col. En revanche, les pilotes ne sont pas renseignés sur la force et la direction du vent dans la partie sud. En conséquence le BEA recommande que :

- **la Direction Générale de l'Aviation Civile installe une manche à air sur le flanc sud du col de la Tourmente.**

**4.6** L'enquête a montré que la licence du commandant de bord n'était administrativement pas valide le jour de l'accident, en raison du non respect des restrictions imposées par le Conseil Médical de l'Aéronautique Civile en mai 1994. Il est important, dans l'intérêt de la sécurité aérienne, que les médecins agréés et les organismes chargés du contrôle médical des pilotes appliquent scrupuleusement les procédures de dérogation telles que la réglementation les définit. Or l'entrée en vigueur récente du JAR FCL n'a semble-t-il pas été accompagnée d'un examen des ressources, notamment informatiques, nécessaires aux contrôles a posteriori. En conséquence le BEA recommande que :

- **la Direction Générale de l'Aviation Civile détermine les moyens nécessaires aux contrôles a posteriori des dossiers d'aptitude médicale par le Conseil Médical de l'Aéronautique Civile et assure si besoin est leur mise en place.**

# *Liste des annexes*

## ANNEXE 1

Devis de masse et de centrage

## ANNEXE 2

Dossier météorologique

## ANNEXE 3

Extrait du manuel de vol (Interdiction d'utiliser la plage inverseur bêta en vol)

## ANNEXE 4

Supplément sécurité des vols inséré dans le manuel de vol

## ANNEXE 5

Carte d'approche et d'atterrissage à vue de Saint-Barthélemy

## ANNEXE 6

Carte des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy

## ANNEXE 7

Emplacement des manettes de puissance dans le poste de pilotage

## ANNEXE 8

Emplacement des voyants « Bêta Range » sur le tableau de bord

## ANNEXE 9

Arborescence des hypothèses

## ANNEXE 10

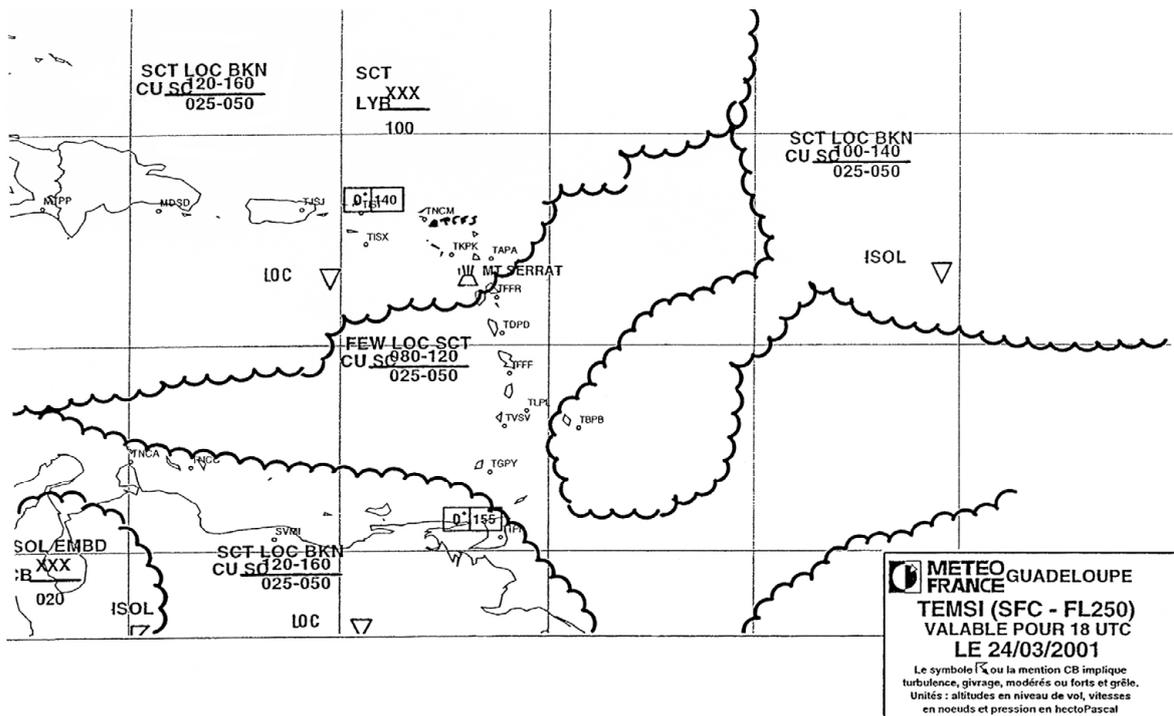
Extrait du manuel d'exploitation

<b>MASSA DE BASE</b>		3299		<b>INDICE DE BASE</b>		100		<b>DHC6-300 TWIN OTTER</b>	
Corrections (+/-)				Correction de l'indice de base		+ -		<b>AIR CARAIBES</b>	
Masse de base Corrigée		3299		ZONES				<b>DEVIS de MASSE et de CENTRAGE</b>	
<b>CARBURANT AU DÉCOLLAGE</b> +				Indice de base corrigé		100		N° VOL : <u>11501</u>	
Masse en Opérations		3299		Même état				TIMMAT : <u>109-ES</u>	
DEST				Forme N°1				DATE : <u>24-03-91</u>	
AD CH IN				Forme N°2				DESTINATION : <u>S3H</u>	
TR				REPARTITION PAR SOUTE				CDB : <u>VPJW</u>	
B				AV.D		ARR		RMK	
C				MASSES MAXIMALES		SANS CARBURANT		DÉCOLLAGE	
M				CARBURANT au DÉCOLLAGE		+		→ DÉLESTAGE →	
T				LIMITATION UTILE (la plus faible des trois)				5580	
TR				MASSE en OPÉRATION		+		5670	
B				CHARGE OFFERTE				5670	
C				INDICE CORRIGE		100		5670	
M				Diagramme de répartition des passagers		Rangées 1 2 3 4 5 6 7		5670	
T				Soute avant MAX 126 Kg		Soute arrière MAX 226 Kg (à partir de 70 kg d'eau)		5670	
TR				Scales de masse		Soute AVT 80 KG		Soute ARR 80 KG	
B				Rangée 1 1 PAX		Rangée 2 1 PAX		Rangée 3 3 PAX	
C				Rangée 4 3 PAX		Rangée 5 1 PAX		Rangée 6 1 PAX	
M				Rangée 7 1 PAX		CARBURANT (500kg)		Diagramme de centrage	
T				Diagramme de centrage		Masse (Kg)		Indice 70 80 90 100 110	
TR				Masse en soute (Kg) A		200		Masse corrigée	
B				Masse passagers (kg) B		1850			
C				CHARGE TRANSPORTÉE A+B		1750			
M				MASSE DE BASE CORRIGÉE +		3299			
T				MASSE SANS CARBURANT		=		5049	
TR				CARBURANT AU DÉCOLLAGE +		550			
B				MASSE AU DÉCOLLAGE		=		5599	
C				DÉLESTAGE		=		50	
M				MASSE À L'ATERRISSAGE		=		5549	
T				RESTRICTION DE DERNIERE MINUTE					
TR				STL		AD		CHD	
B				INF		B.C.M		MASSE	
C				CORR. I		CORR. II		Centrage G.M.C.	
M				ZFW		DEC		ATT	
T				TOTAL					

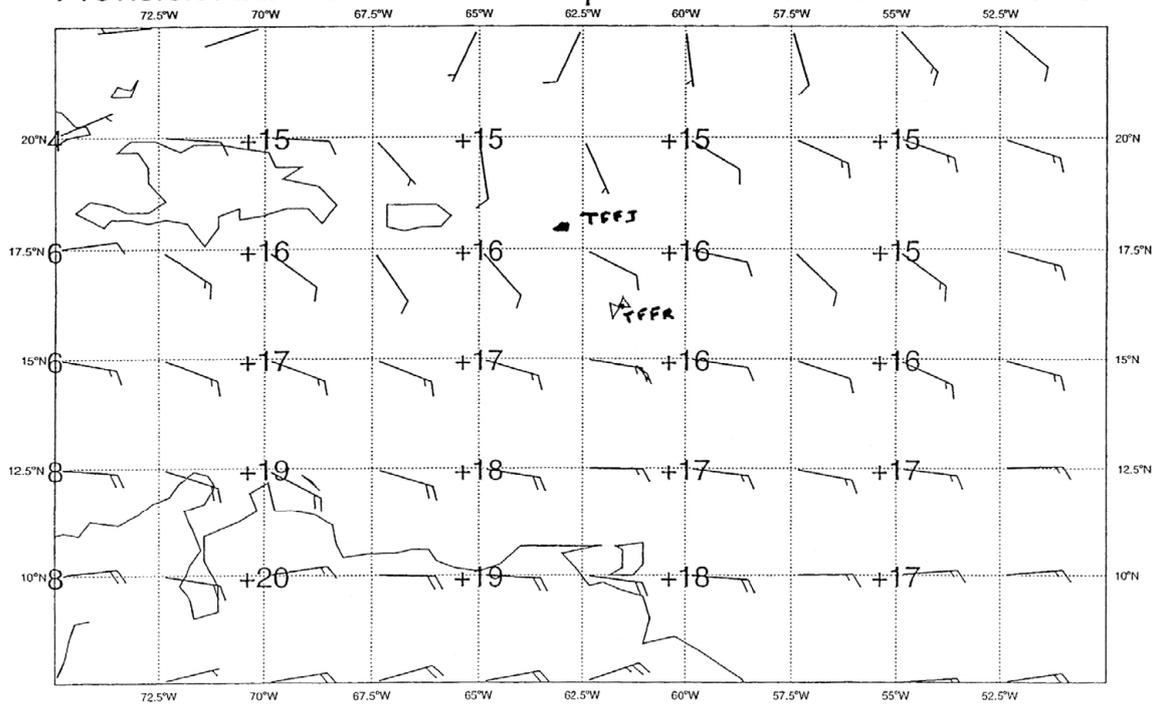
REFPN : 069731

PREPARE PAR :

SIGNATURE DU COB :

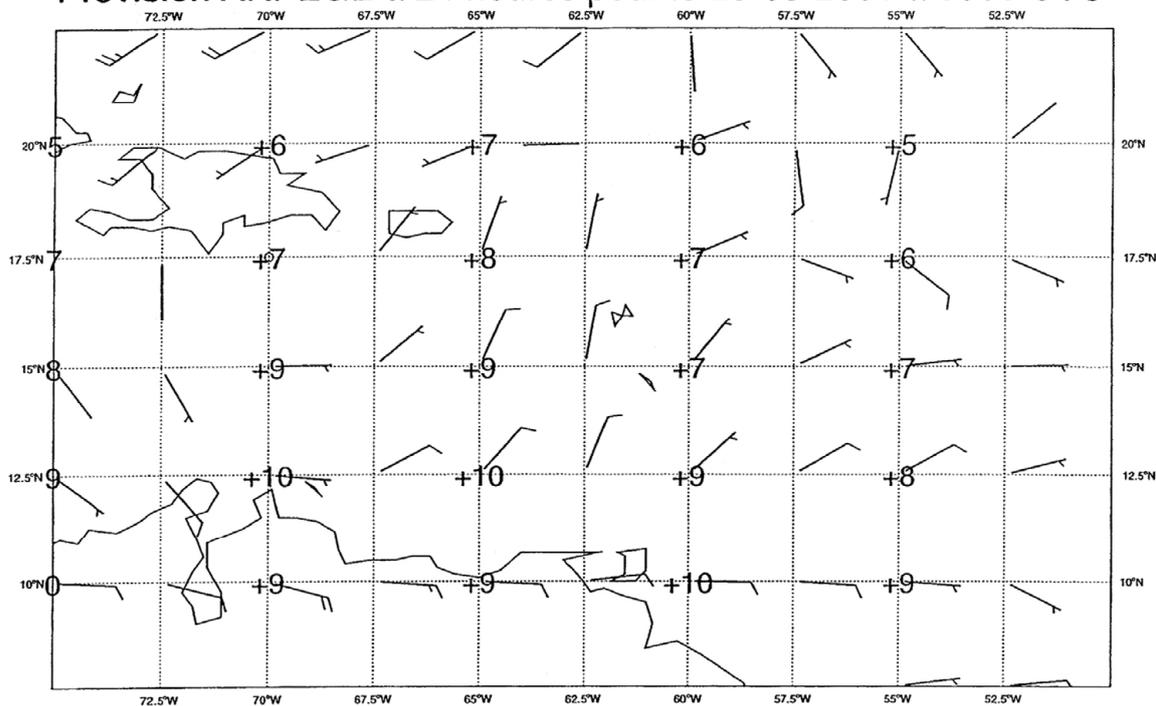


## Meteo France - Le Raizet - FL050 (850 hPa) Prevision ARPEGE a 24 heures pour le 25-03-2001 a 0000 UTC



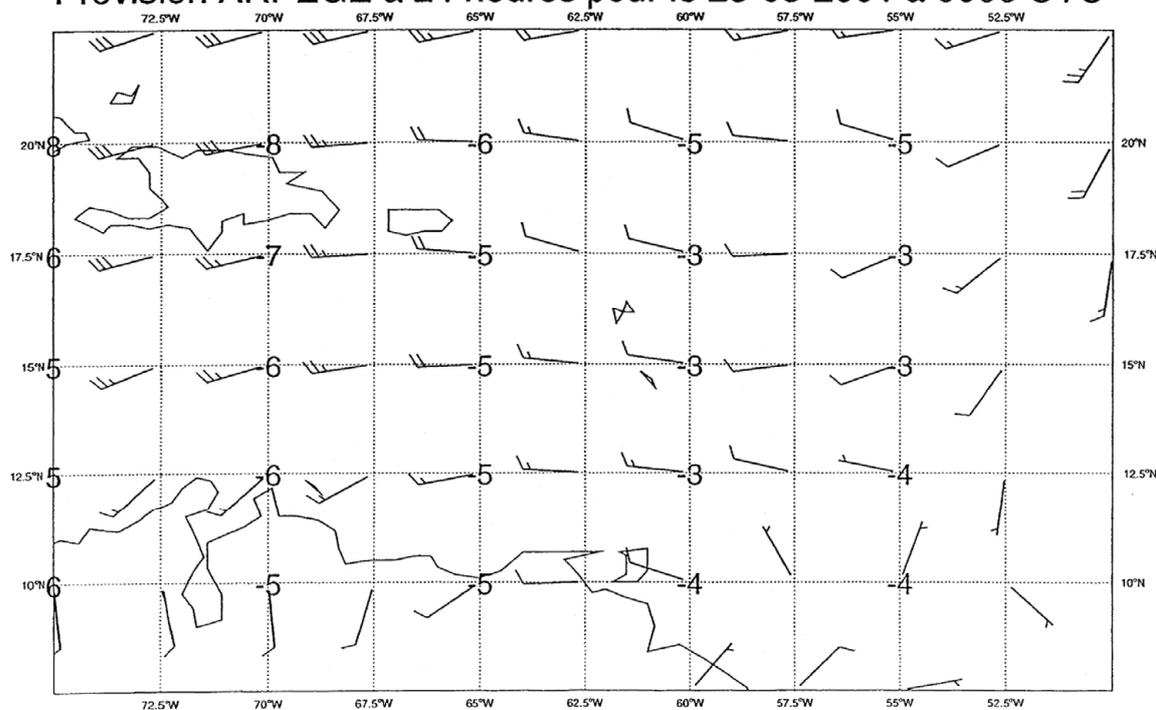
# Meteo France - Le Raizet - FL100 (700 hPa)

## Prevision ARPEGE a 24 heures pour le 25-03-2001 a 0000 UTC



# Meteo France - Le Raizet - FL180 (500 hPa)

## Prevision ARPEGE a 24 heures pour le 25-03-2001 a 0000 UTC



Relevé du samedi 24 mars 2001 entre 16 h 15 et 16 h 25  
fourni par la station de GUSTAVIA

Heure locale	Vent 2 minutes		Vent 10 minutes		Variabilité en direction	Vitesse Max (m/s)	Pression mer (hPa)	QNH	Temp. °C
	Dir.	Vitesse. (m/s)	Dir.	Vitesse. (m/s)					
16 : 15	110	3,0	140	2,6	50/290	5,9	1014,0	1013	28,2
16 : 16	130	2,7	140	2,7	50/290	5,9	1014,0	1013	28,1
16 : 17	140	3,5	140	2,9	50/210	5,9	1014,0	1013	28,1
16 : 18	120	3,4	130	3,0	50/210	5,9	1014,0	1013	28,0
16 : 19	140	2,5	130	2,9	50/210	5,9	1014,0	1014	28,0
16 : 20	130	2,2	130	2,7	20/270	5,5	1014,0	1014	28,0
16 : 21	130	2,2	130	2,7	20/270	5,5	1014,0	1014	28,0
16 : 22	120	2,5	130	2,7	20/270	5,5	1013,9	1014	27,9
16 : 23	130	2,2	130	2,7	20/300	5,5	1014,0	1013	28,0
16 : 24	150	2,5	130	2,6	20/300	5,5	1014,0	1014	27,9
16 : 25	120	2,3	130	2,5	20/300	5,5	1014,0	1014	27,9

Variabilité en direction = étendue des directions prises par la girouette durant les trois dernières minutes.

Remarque : le vent, notamment quand il est faible comme c'était alors le cas, est fréquemment turbulent et changeant à la station météorologique de Gustavia, ce qui explique l'étendue de sa variabilité. La direction indiquée pour le vent deux minutes (vent aéronautique) ou le vent dix minutes (vent météorologique) correspond à la direction du vent moyen sur deux ou dix minutes.

Chart references:

- (1) Maximum permissible sustained torque is 50 psi.
- (2) For every 10°C below -30°C ambient temperature, reduce maximum allowable Ng by 2.2%.
- (3) Normal oil pressure is 80 to 100 psi at gas generator speeds above 72% with oil temperature between 60 and 70°C. Oil pressure below 80 psi is undesirable and should be tolerated only for the completion of the flight preferably at reduced power setting. Oil pressure below normal should be reported as an engine discrepancy and should be corrected before next take-off. Oil pressure below 40 psi is unsafe and requires that either the engine be shut down or a landing made as soon as possible, using the minimum power required to sustain flight.
- (4) For increased service life of the engine (i.e. time between oil changes) an oil temperature between 74 and 80°C is recommended. A minimum oil temperature of 55°C is recommended for fuel heater operation at take-off power.
- (5) At 51% rpm (Ng) minimum, increase Ng as required to stay below idle temperature limit.
- (6) These values are time-limited to two seconds.
- (7) Reverse power operation is limited to one minute.

**CAUTION**

When ground running engines (except during maneuvering or taxiing) in ambient temperatures of 32°C (90°F) and above, the aircraft must be headed into wind and operation in other than forward thrust must be kept to a minimum and in no case exceed one minute. At temperatures below 32°C, ground operation in reverse thrust with aircraft headed into wind is limited to one minute.

- (8) Inflight operation of the power levers aft of IDLE is prohibited.

**1.1.2 TORQUEMETER PRESSURE -- POWER CALCULATIONS.** Calculation of shaft horsepower may be made as follows:

$$\text{SHP} = \frac{\text{rpm (Np)} \times \text{Torque Pressure}}{172.17}$$

# SAFETY OF FLIGHT SUPPLEMENT

NO. 3

1 OCTOBER 1979

Insert this Safety of Flight Supplement at the front of the DHC-6 Supplementary Operating Data.

## SUBJECT - IN-FLIGHT SELECTION OF REVERSE THRUST

It has come to the attention of de Havilland Canada that a recent accident may have been caused by the in-flight selection of reverse thrust, which requires the pilot to first remove the flight idle stop by twisting the power lever handles to permit access to the reverse (thrust) range.

### WARNING

Pilots are advised that the Twin Otter flight manual permits the use of reverse power only when water or groundborne, and does not describe any procedure which permits the selection of reverse while airborne.

The in-flight selection of reverse thrust can cause serious changes in aircraft handling characteristics with possible loss of control, together with significant changes in stalling speeds and engine behaviour.

It is suggested that all pilots read and sign this Safety of Flight Supplement.

**APPROCHE - ATERRISSAGE A VUE**  
**VISUAL APPROACH AND LANDING**

USAGE RESTREINT  
RESTRICTED USE

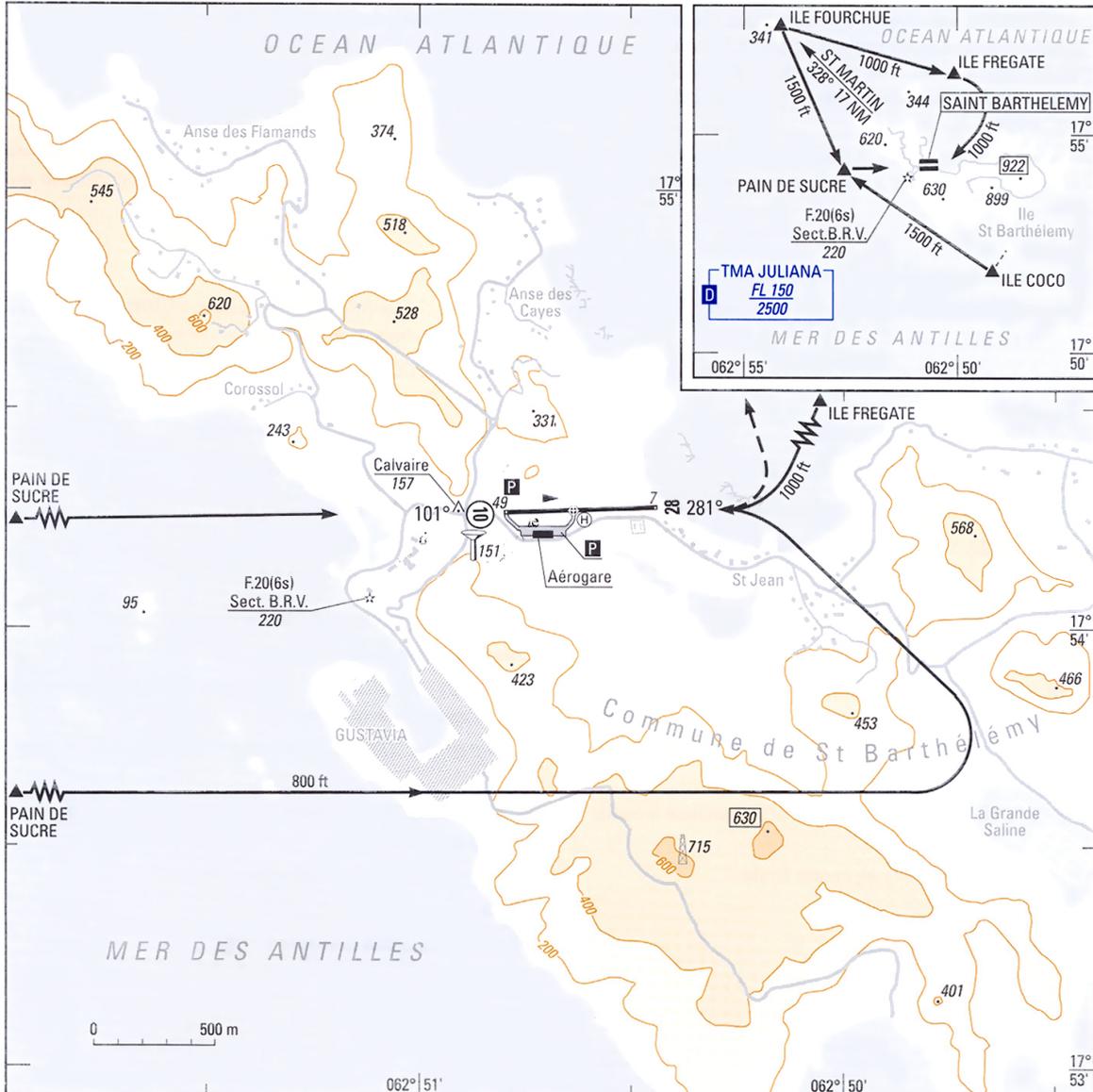
**SAINT BARTHELEMY**

Coord. WGS-84  
ALT et HGT en ft  
ALT AD : 49 ft (2 hPa)



LAT : 17 54 16 N  
LONG : 062 50 37 W  
VAR 13° W (97)

APP : JULIANA Approche 128.95  
TWR : NIL  
AFIS : SAINT BARTHELEMY Information 118.45



RWY	QFU	Dimensions Dimension	Nature Surface	Résistance Strength	TODA	ASDA	LDA
10	101	650 x 15 m	Béton	5.7 t	650	650	650
28	281		Concrete		650	650	650

Aides lumineuses :NIL

Lighting aids : NIL

## SAINT BARTHELEMY

### Consignes particulières / Particular instructions

AD interdit aux ACFT non munis de radio et autorisé pour l'utilisation permanente par hélicoptères.

AD réservé aux aéronefs de caractéristiques et performances appropriées et aux pilotes d'avions ayant réellement utilisé l'aérodrome sous le contrôle d'un pilote instructeur qui les aura reconnus aptes. Ces pilotes doivent figurer sur la liste des pilotes habilités tenue par le District aéronautique de Guadeloupe.

Utilisation systématique de la langue anglaise dans la circulation d'aérodrome dès qu'il y a un pilote non francophone dans le circuit.

PISTE 10 :

\* Compte rendus de position obligatoires :

→ à "FOURCHUE" ou travers "FOURCHUE" si provenance N ou NW

→ à "COCO" ou travers "COCO" si provenance S ou SE

→ à "PAIN DE SUCRE" à 1500 ft

→ en courte finale ("LES GROS ILETS")

\* Approche délicate (relief et turbulences)

\* Au décollage, virage à gauche obligatoire

PISTE 28 :

\* Circuit de piste à droite ou à gauche

\* Compte rendus de position obligatoires :

→ à "FOURCHUE" ou travers "FOURCHUE" si provenance N ou NW,

→ puis à "FREGATE" (1000 ft) ou "PAIN DE SUCRE" (1500 ft)

→ à "COCO" ou travers "COCO" si provenance S ou SE

\* Remise de gaz interdite en courte finale

\* Décollage interdit

\* Raquette QFU 28 inutilisable

*AD prohibited for ACFT without radio and authorized for permanent use by helicopters.*

*AD reserved for ACFT with suitable performances and characteristics and airplane pilots who have previously performed LDG and TKOF at AD and been acknowledge fit to do so by an instructor. These pilots must appear on an official list held by District aeronautique de Guadeloupe.*

*English language is systematically used in the aerodrome traffic circuit when a non speaking french pilote is in the circuit.*

*RWY 10:*

*\* Airposition reports mandatory :*

*→ over "FOURCHUE" or abeam "FOURCHUE" when coming from N or NW.*

*→ over "COCO" or abeam "COCO" when coming from S or SE.*

*→ over "PAIN DE SUCRE" at 1500 ft*

*→ in short final ("LES GROS ILETS")*

*\* Difficult approach (obstruction and turbulence)*

*\* After take off, mandatory left turn .*

*RWY 28:*

*\* Right hand or left hand AD traffic circuit.*

*\* Mandatory air position reports :*

*→ over "FOURCHUE" or abeam "FOURCHUE" when coming from N or NW*

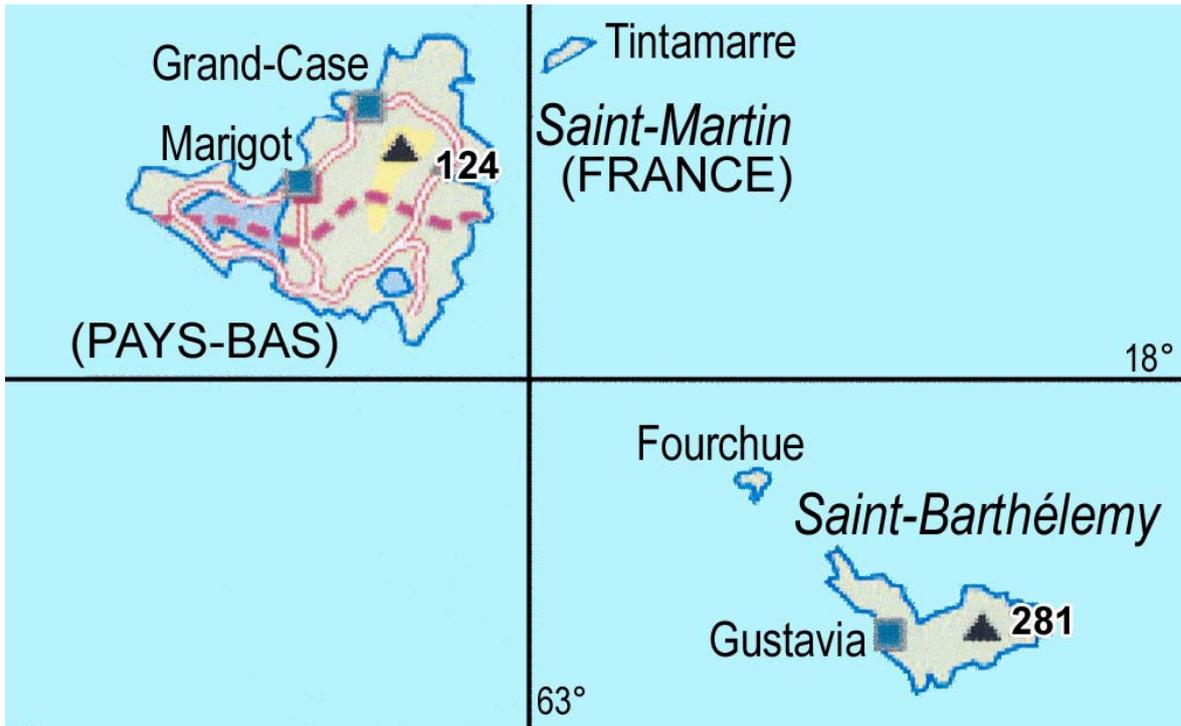
*→ then over "FREGATE" (1000 ft) or "PAIN DE SUCRE" (1500 ft)*

*→ over "COCO" or abeam "COCO" when coming from S or SE.*

*\* Going around is prohibited in short final.*

*\* Take off prohibited*

*\* Turn around areas QFU 28 unusable*



Distance entre les deux îles 19 NM



DHC6

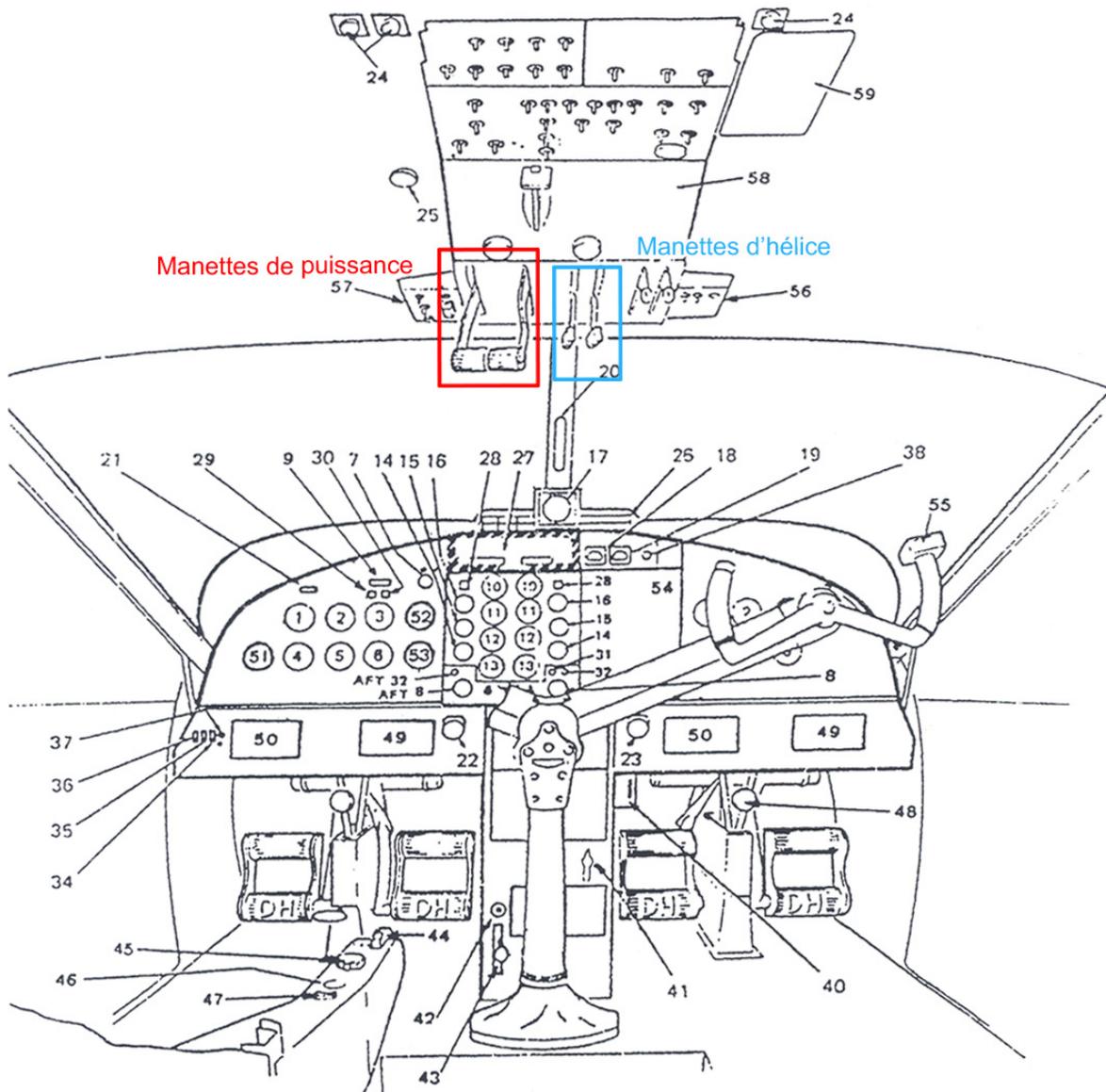
# CARAÏBES AIR TRANSPORT MANUEL D'EXPLOITATION

SYSTEMES AVION

ÉDITION I  
Oct 00  
AMENDEMENT N°0

PAGE B12/6

## VUE GENERALE DES PANNEAUX POSTE



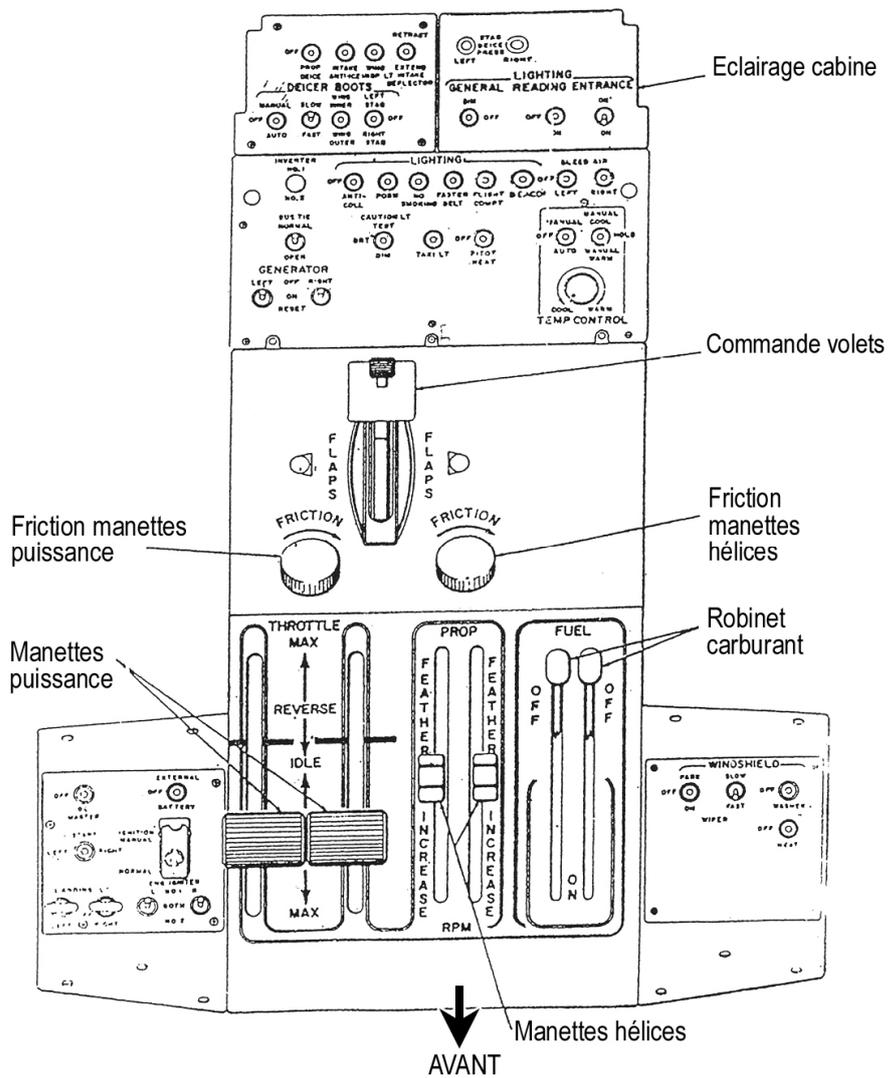
 <b>DHC6</b>	<b>CARAÏBES AIR TRANSPORT</b>	<b>ÉDITION I</b> <b>Oct 00</b> <b>AMENDEMENT N°0</b>
	<b>MANUEL D'EXPLOITATION</b>	
	<b>SYSTEMES AVION</b>	

Légende de la page précédente

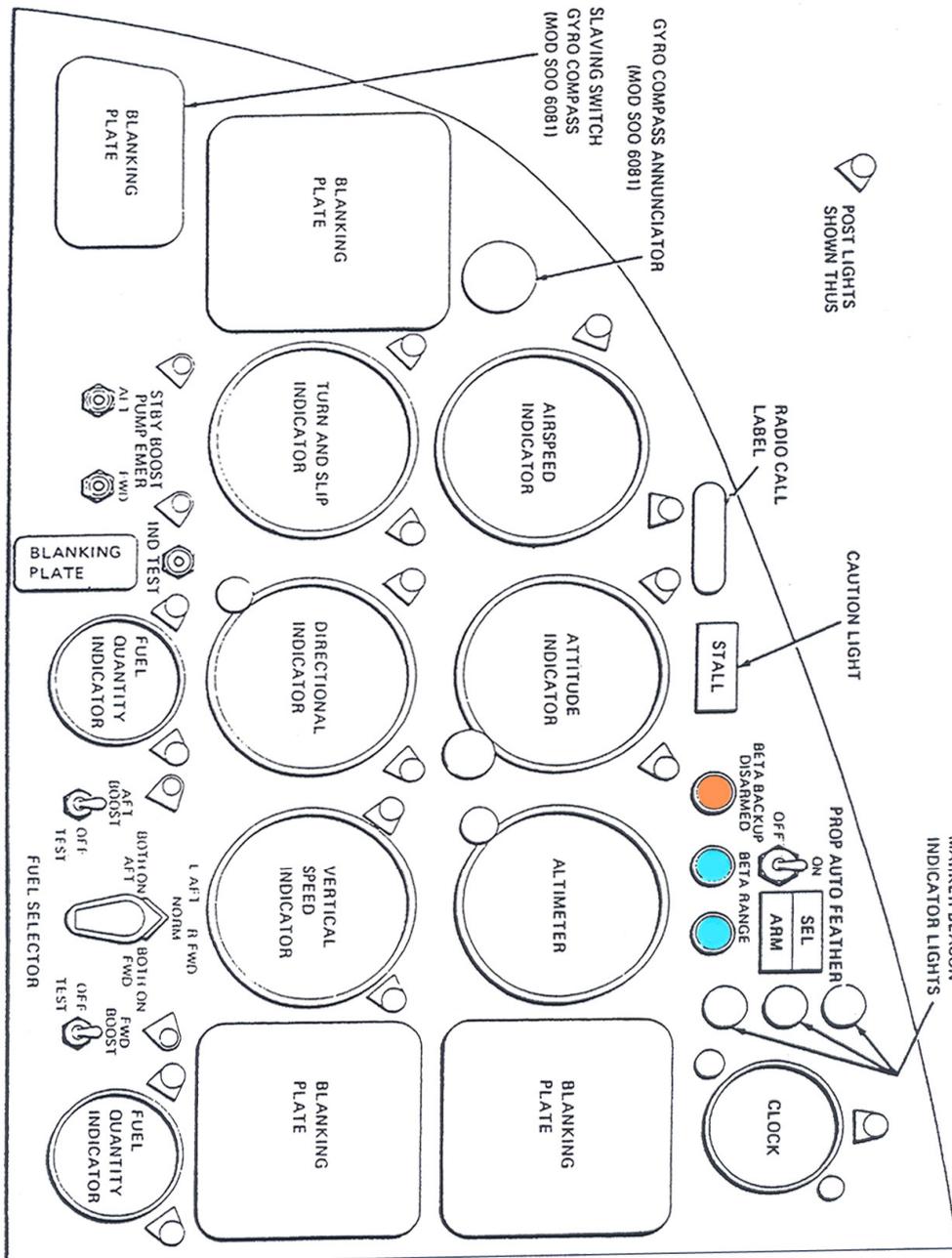
- |   |  |
|---|--|
| 1. Anémomètre   | 36. Interrupteur arrêt alarme sonore incendie                    |
| 2. Horizon artificiel                                     | 37. Interrupteurs test bêta                                      |
| 3. Altimètre  | 38. Interrupteur sélection d'identification de débit génératrice |
| 4. RMI  | 39. Sélecteur carburant  |
| 5. Plateau de route                                       | 40. Surveillance température batterie                            |
| 6. Variomètre   | 41. Robinet secours circuit statique                             |
| 7. Montre chronomètre                                     | 42. Interrupteur ventilateur                                     |
| 8. Jauges réservoir carburant                             | 43. Commande ram air   |
| 9. Alarme (lumineuse) décrochage                          | 44. Trim de profondeur   |
| 10. Indicateurs de torque                                 | 45. Trim de direction  |
| 11. Tachymètres hélices                                   | 46. Indicateur trim d'aileron                                    |
| 12. Indicateurs température turbine                       | 47. Trim d'aileron   |
| 13. Tachymètres turbine                                   | 48. Réglage palonnier  |
| 14. Indicateurs pression huile                            | 49. Boîtes de mélange radio                                      |
| 15. Indicateurs thermomètre huile                         | 50. Panneaux oxygène éclairage                                   |
| 16. Débitmètre  | 51. Bille/aiguille   |
| 17. Compas de secours                                     | 52. Indicateur VQR   |
| 18. Voltmètre courant continu                             | 53. Indicateur DME   |
| 19. Indicateur de débit génératrice                       | 54. Panneau radio  |
| 20. Indicateur de position des volets                     | 55. Interrupteur micro   |
| 21. Indicatif avion                                       | 56. Panneau dégivrage pare-brise                                 |
| 22. Indicateur pression circuit frein                     | 57. Panneau de démarrage   |
| 23. Indicateur pression circuit hydraulique               | 58. Console supérieure   |
| 24. Potentiomètres d'éclairage                            | 59. Panneau électrique supérieur                                 |
| 25. Indicateur température extérieure                     |  |
| 26. Tableau de pannes                                     |  |
| 27. Panneau secours                                       |  |
| 28. Indicateurs de position de déflecteurs d'entrée d'air |  |
| 29. Voyants bêta  |  |
| 30. Voyants drapeau automatique                           |  |
| 31. Test jauges carburant                                 |  |
| 32. Interrupteurs pompes carburant cours                  |  |
| 33. Interrupteurs pompes carburant                        |  |
| 34. Interrupteur test régulateur survitresse              |  |
| 35. Interrupteur test drapeau automatique                 |  |

 <b>DHC6</b>	<b>CARAÏBES AIR TRANSPORT</b>	<b>ÉDITION I</b> <b>Oct 00</b> <b>AMENDEMENT N°0</b>
	<b>MANUEL D'EXPLOITATION</b>	
	<b>SYSTEMES AVION</b>	<b>PAGE B12/8</b>

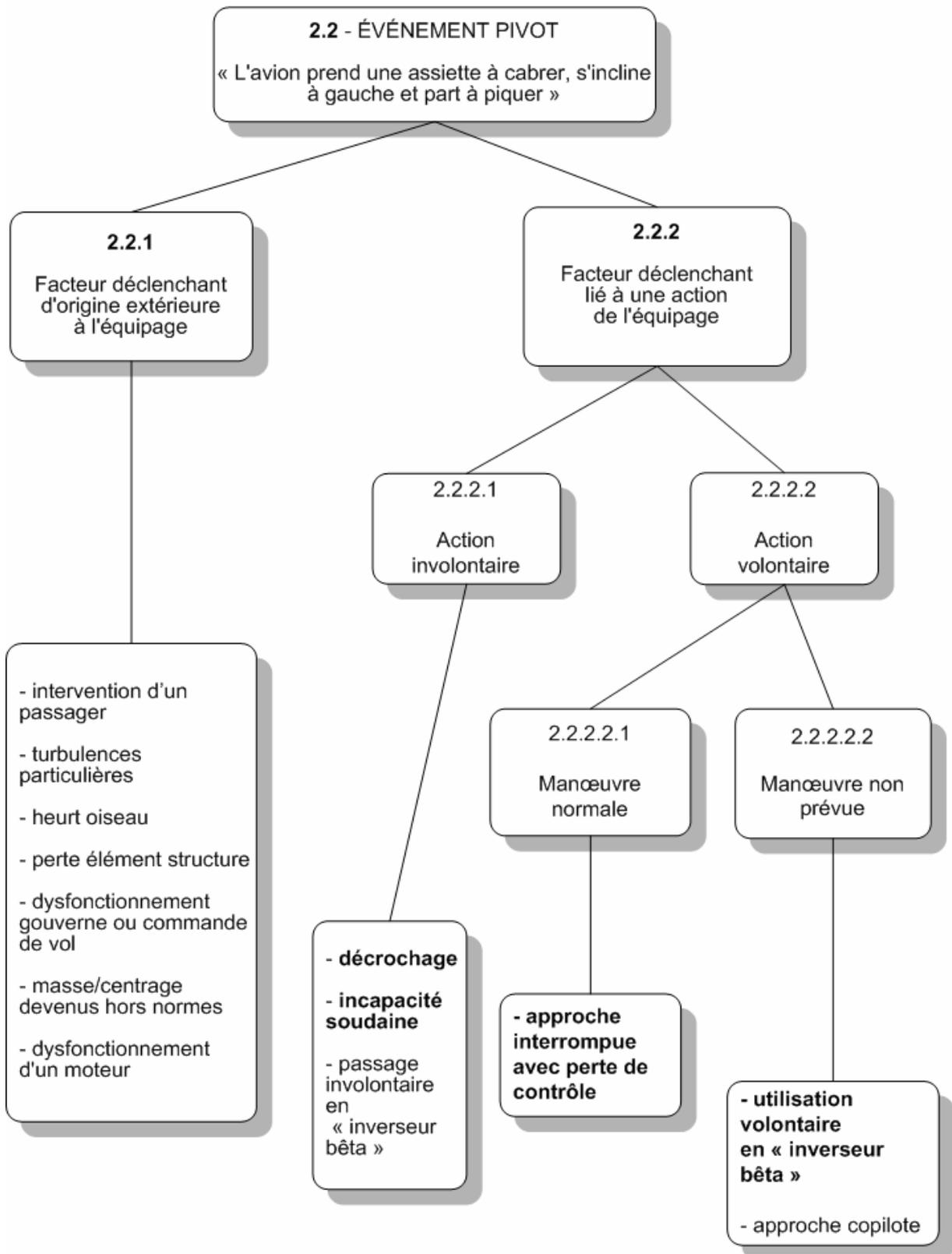
CONSOLE SUPERIEURE



PANNEAU INSTRUMENTS DE VOL



## ARBORESCENCE DES HYPOTHÈSES



Remarque : la description du système qui figure au paragraphe 12.8.1. du manuel d'exploitation contient une erreur : le deuxième alinéa indique que « Le système bêta.....par action sur la manette d'hélice », alors qu'il s'agit en fait de la manette de puissance.

 <b>DHC6</b>	<b>CARAÏBES AIR TRANSPORT</b> <b>MANUEL D'EXPLOITATION</b>	<b>ÉDITION I</b> <b>Oct 00</b> <b>AMENDEMENT N°0</b>
	<b>SYSTEMES AVION</b>	<b>PAGE B12/65</b>

## 12.8 HÉLICE

### 12.8.1 Généralités

L'hélice tripale Hartzell équipant le DHC6/300 est une hélice à pas réversible dont la vitesse constante est contrôlée hydrauliquement par un régulateur combinant les fonctions d'un régulateur d'hélice, d'une valve bêta et d'un régulateur de carburant.

Le système bêta est le système permettant de commander la variation de calage de l'hélice par action sur la manette d'hélice. En fonctionnant en bêta, la régulation se fait sur l'angle de calage hélice et non sur la vitesse de rotation hélice.

L'ensemble de régulation hélice fait varier le calage de l'hélice :

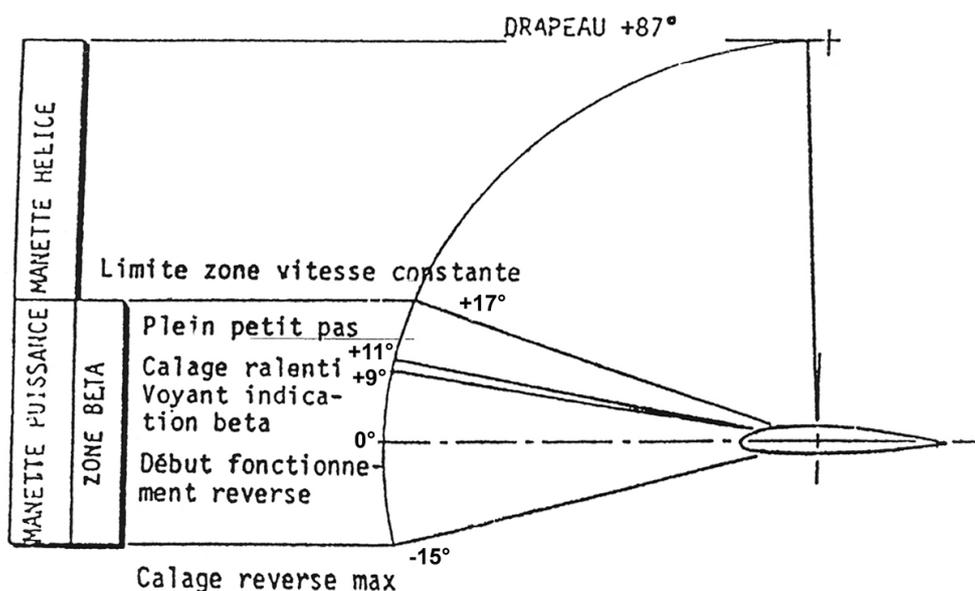
- ☞ de la position drapeau (+ 87°)
- ☞ à la position pas totalement inversé (- 15°)

avec les positions particulières indiquées sur le schéma ci-dessous.

Le passage de la position drapeau à la position reverse est effectué par pression d'huile et le mouvement en sens contraire sous l'effet de masselottes en pied de pales et de ressort.

L'ensemble moteur/hélice est donc commandé par trois manettes qui ont les fonctions suivantes :

- ☞ Levier carburant : contrôle les fonctions de démarrage, d'étouffoir et de purge du circuit carburant.
- ☞ Manette de puissance : sélectionne un régime Ng du générateur de gaz, régime atteint seulement si le régulateur hélice l'autorise (voir ci-après le fonctionnement) ; choisit également l'angle de pale hélice dans la zone bêta.
- ☞ Manette d'hélice : permet la régulation à vitesse constante de l'hélice hors de la zone bêta.



 <b>DHC6</b>	<b>CARAÏBES AIR TRANSPORT</b>	<b>ÉDITION I</b> <b>Oct 00</b> <b>AMENDEMENT N°0</b>
	<b>MANUEL D'EXPLOITATION</b>	
	<b>SYSTEMES AVION</b>	<b>PAGE B12/69</b>

### 12.8.3 Régulation hélice

#### ☞ Notations

Les régimes générateur de gaz et hélice sont repérés par les symboles suivants :

Ng Régime générateur de gaz

Np Régime hélice

Nf Régime turbine motrice contrôlé par action directe sur le générateur de gaz (plus d'action régulateurs carburant (FCU) ni hélice (CSU)).

#### ☞ Fonctions du régulateur d'hélice

En vol normal, il agit comme un régulateur de vitesse constante en maintenant la vitesse sélectionnée : la régulation se fait en faisant varier le pas des pales pour absorber la puissance en réponse aux modifications des conditions de vol.

Pendant le vol à faible vitesse propre, le régulateur peut être utilisé pour choisir l'angle de pale désiré (contrôle Bêta). Dans cette plage de contrôle, la puissance du moteur est réglée par le FCU et la partie carburant du régulateur d'hélice pour maintenir le régime turbine Nf à une vitesse légèrement inférieure à celle choisie.

#### ☞ Actions des différents éléments sur la régulation hélice

- Le CSU (constant speed unit, régulateur à vitesse constante) agit hydrauliquement pour réguler Np entre 0 et 96 %.
- Le QSG (overspeed governor, régulateur de survitesse) agit hydrauliquement pour réguler Np de 96 à 101 %.
- Le régulateur Nf agit sur le générateur de gaz pour réguler Np de 101 à 106 % en traction et jusqu'à 95 % en reverse.

#### ☞ Fonctionnement à vitesse déterminée

Pendant le fonctionnement à vitesse déterminée, les forces agissant sur l'ensemble hélice-régulateur-moteur sont en équilibre. La manette d'hélice a été placée à la position désirée, mettant ainsi le levier de commande du régulateur à la position correspondant au régime choisi et les pales sont au pas convenable pour absorber la puissance délivrée par le moteur. La force centrifuge des masselottes, alors en position verticale, équilibre exactement la tension du ressort. De ce fait, le tiroir de la vanne est dans une position où les orifices de passage d'huile de la pompe au servopiston sont fermés et l'huile revient à l'entrée de la pompe du réducteur. Si la vitesse augmente, les masselottes pivotent vers l'extérieur en surmontant la tension du ressort, provoquant ainsi le soulèvement du tiroir de vanne ; en conséquence, l'huile passe du servopiston au puisard du carter des accessoires. L'augmentation du pas d'hélice en résultant provoque l'augmentation de charge sur le moteur, donc la diminution de la vitesse de rotation. La force centrifuge sur les masselottes est alors réduite et le tiroir ferme à nouveau les passages d'huile.

Si, au contraire, la vitesse diminue, la tension du ressort devient plus importante que la force centrifuge décroissante des masselottes qui pivotent vers l'intérieur provoquant ainsi la descente du tiroir et l'ouverture des orifices d'huile. L'huile passe ainsi au servopiston qui, surpassant les forces combinées des contrepoids et des ressorts de rappel, diminue le pas des pales : la charge sur le moteur diminue alors, d'où augmentation de la vitesse de rotation jusqu'à ce que les masselottes, sous l'action de cette augmentation de régime, ramènent le tiroir en position fermée.

 <b>DHC6</b>	<b>CARAÏBES AIR TRANSPORT</b>	<b>ÉDITION I</b> <b>Oct 00</b> <b>AMENDEMENT N°0</b>
	<b>MANUEL D'EXPLOITATION</b>	
	<b>SYSTEMES AVION</b>	

#### ☞ Démarrage à décollage

Le déplacement vers l'avant de la manette de puissance déplace progressivement la commande du régulateur de carburant (FCU) pour procurer l'augmentation de puissance. Dans le même temps, le mouvement de la came de commande bêta peut faire varier l'angle de pale.

La came bêta détermine l'angle de pale hélice jusqu'à ce que la combinaison vitesse/puissance soit telle que le régime hélice choisi soit atteint. A partir de ce point, l'augmentation de l'angle de pale sera déterminé par le régulateur pour maintenir la vitesse constante lors de l'augmentation de puissance.

#### ☞ Croisière

En croisière, le régulateur d'hélice assure les variations de calage pour maintenir le fonctionnement à vitesse affichée.

#### ☞ Descente et approche

Durant l'approche, le ralenti est réglé de manière à maintenir une puissance suffisante pour conserver une vitesse hélice constante et le calage de pale est modifié pour procurer un freinage aérodynamique.

☞ Dans le cas du contrôle bêta, lorsque la vitesse de rotation de l'hélice en moulinet est en dessous du point de début de régulation de CSU, les pales prennent le calage voulu sous l'action de la manette de puissance et par l'intermédiaire de la came de commande d'hélice. La vitesse de rotation est alors limitée par la section carburant du régulateur d'hélice.

#### ● Section carburant du régulateur d'hélice

Cette section carburant est réglée en-dessous de la vitesse maximale du régulateur, vitesse qui est donc contrôlée via le circuit d'asservissement (Py) du régulateur carburant (FCU) et la puissance fournie par le générateur de gaz est ainsi réduite en-dessous de celle demandée dans le but de maintenir un régime hélice inférieur de 5 % environ au maximum, Un renvoi ouvre un orifice de passage d'air quand la vitesse est augmentée : l'ouverture de cet orifice, en communication avec le système pneumatique d'asservissement du FCU, réduit la fourniture de carburant régulé au moteur.

● Si, par contre, la vitesse propre est trop élevée, l'hélice continuera à tourner en moulinet à la vitesse déterminée même si la puissance n'est pas appliquée et que le moteur fonctionne au débit minimum.

● Pendant l'approche bêta, afin d'améliorer la précision du contrôle de la poussée et de la traînée, le calage de l'hélice est modifié par une came conçue de manière à obtenir un calage plus faible au ralenti qu'au décollage.

#### ☞ Reverse

La reverse peut être sélectionnée pendant le roulement au sol après atterrissage .

Le calage de la pale hélice est alors déterminé de la même façon que pendant le contrôle bêta en traction normale.

La vitesse d'hélice est limitée par la section carburant du régulateur d'hélice (Nf) (par l'intermédiaire de Ng, dont la valeur peut aller jusqu'à 100 %) à une vitesse inférieure à celle choisie.

BUREAU D'ENQUETES ET D'ANALYSES  
POUR LA SECURITE DE L'AVIATION  
CIVILE

Aéroport du Bourget - Bâtiment 153  
93352 Le Bourget Cedex  
FRANCE

Tél. : +33 (0)1 49 92 72 00

Fax : +33 (0)1 49 92 72 03

[com@bea-fr.org](mailto:com@bea-fr.org)

[www.bea.aero](http://www.bea.aero) / [www.bea-fr.org](http://www.bea-fr.org)



*Liberté • Égalité • Fraternité*  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE