

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université de SAAD DAHLEB BLIDA
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'aéronautique



Tassili Airlines

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
DES ETUDES UNIVERSITAIRES APPLIQUEES
(D.E.U.A) EN AERONAUTIQUE
OPTION: AVIONIQUE

Thème

ETUDE D'UN SYSTEME D'ANTI-COLLISION
TRAFFIC ALERT AND COLLISION AVOIDANCE SYSTEME
EQUIPANT L'AVION BOMBARDIER DASH 8-Q400

TCAS II

Entreprise d'accueil :

La compagnie algérienne « TASSILI AIRLINES »

Réalisé par:

TERCHI FATIMA ZOHRA

Encadré par:

Mr. RAHIM

Mr. MESSLAM MOHMED

Promotion: 2007-2008

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

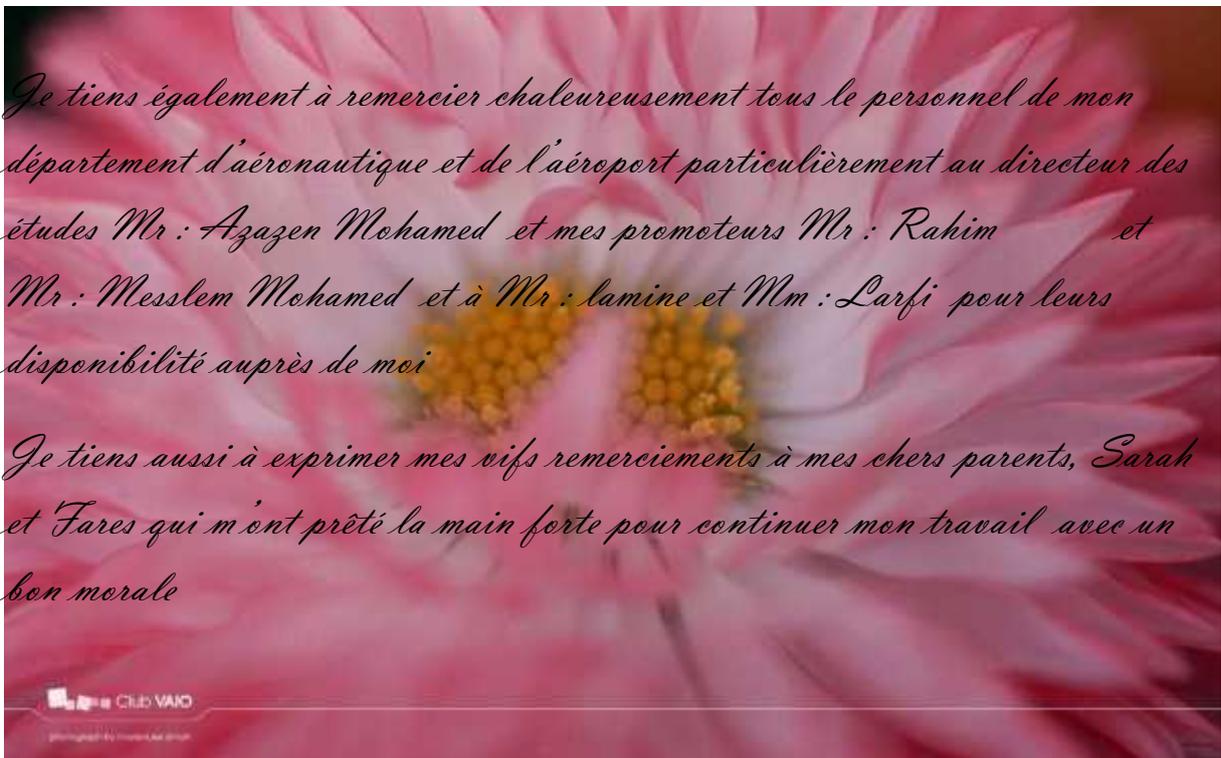
Remerciement

Au terme de cette étude, pour la résolution de ma mémoire, je remercie dieu de m'avoir donné la volonté et l'audace de terminer mon travail dans de bonnes conditions.

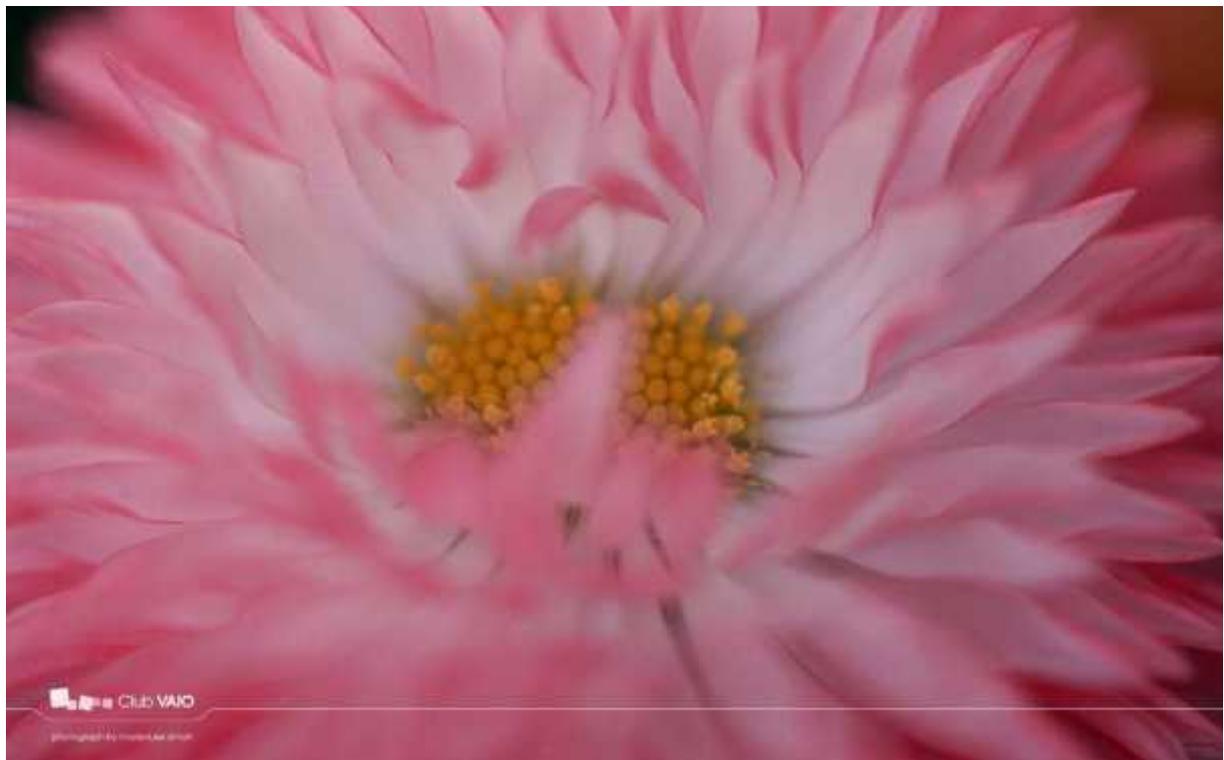
Je remercie les fonctionnaires de la bibliothèque centrale qu'ils ont m'aide comme Aziz et Sid Ahmed

Je tiens également à remercier chaleureusement tous le personnel de mon département d'aéronautique et de l'aéroport particulièrement au directeur des études Mr : Azazen Mohamed et mes promoteurs Mr : Rahim et Mr : Messlem Mohamed et à Mr : lamine et Mm : Larfi pour leurs disponibilité auprès de moi

Je tiens aussi à exprimer mes vifs remerciements à mes chers parents, Sarah et Fares qui m'ont prêté la main forte pour continuer mon travail avec un bon morale



Fatima Zehra



SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : HISTORIQUE DE LA COMPAGNIE AIR ALGERIE

I.1 LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES.....	1
I.2 RESEAU.....	1
I.3PREVUE DE ROUTE.....	1
I.4 FLOTTE.....	1
I.5 LA MISSION DE LA COMPAGNIE.....	2
I.6 TASSILI AIRLINES SE LANCE DANS 'LE GRAND PUBLIC'.....	2
I.7 LA DIRECTION TECHNIQUE.....	3
I.8 PRESENTATION DE 8-Q400.....	4
I.9 LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUE-BONBARDIER Q400.....	4

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE SYSTEME ATC

II.1 HISTORIQUE.....	7
II.2 LES DIFFERENTS TYPES DE TCAS.....	9
II.3 DEVELOPPEMENT DU TCAS II.....	9
II.4 VERS UNE OBLIGATION MONDIALE	10
II.5 L'OPERATION DU SYSTEME TCAS.....	11
II.6 LA REGLEMENTATION.....	11
II.7 UTILISATION OPERATIONNELLE DU SYSTEME TCAS.....	12
II.7.1 Point de vue pilote	12
II.8 DESCRIPTION DU SYSTEME ATC.....	14
II.8.1 constitution du système ATC.....	15
II.8.1.1 Les antennes.....	15
II.8.1.2 Les switchs d'antennes ATC	16
II.8.1.3 la boîte de commande ATC/TCAS.....	17
II.8.1.4 Le transpondeur ATC.....	20
II.8.2 Les données numériques au système TCAS.....	21

II.8.3 Les données du TCAS au transpondeur actif.....	22
II.8.4 Les données du l'ADIRU (Air Data inertial reference unite).....	22
II.8.5 Les données du PSEU (proximity switch electronic unit).....	22

CHAPITRE III : FONCTIONNEMENT DU SYSTEME TCAS

III.1 DEFINITION DU SYSTEME TCAS.....	23
III.2 DESCRIPTION DU SYSTEME TCAS.....	23
III.2.1 description de TCAS computer.....	26
III.2.2 La boite de commande ATC/TCAS.....	27
III.1.3 L'antenne omni directionnelle.....	28
III.3 LES INTERFACE DU SYSTEME TCAS.....	30
III.3.1 Les interfaces analogues et discrètes.....	30
III.3.2 Les interfaces numériques du système TCAS.....	33
III.4 ETUDE DESCRIPTIVE DU SYSTEME TCAS.....	35
III.5 SURVEILLANCE DU SYSTEME TCAS.....	36
III.5.1 Fonction de surveillance.....	36
III.5.2 Intrus équipés de transpondeur Mode S.....	36
III.5.3 Intrus équipés de transpondeur Mode A/C.....	38
III.5.4 Intrus équipés de transpondeur Mode A.....	38
III.5.5 Limitation d'interférence.....	38
III.5.6 TAU (la zone de surveillance).....	39
III.5.7 Volume de surveillance.....	41
III.6 LES CARACTERISTIQUES DU SYSTEME TCAS.....	42
III.6.1 Niveau de sensibilité.....	43
III.6.2 Préavis d'alarme.....	44
III.7 LA LOGIQUE DU SYSTEME TCAS.....	45
III.7.1 Poursuite.....	45
III.7.2 Avis de trafic.....	47
III.7.3 Détection de menace.....	47
III.7.4 Avis de résolution.....	48
III.7.4.1 Sélection de l'avis de résolution.....	48
III.7.4.2 Les type d'avis de résolution.....	48
III.7-4.3 Efficacité de l'avis de résolution.....	48

III.7.4.4 Limite des avis de résolution.....	49
III.7.5 Choix de l'avis.....	49
III.7.7 Suivi du RA par la logique.....	51
III.7.8 Logique multi-intrus.....	53
III.7.9 Fin du RA.....	53
III.8 LA COORDINATION ET LA COMMUNICATION.....	53
III.8.1 La coordination avec les menaces dotées du système TCAS.....	53
III.8.2 Calcul De Données De TCAS.....	54
III.8.3 Coordination TCAS-TCAS.....	55
III.8.4 Coordination air-air.....	56
III.8.5 Communication avec les stations sol.....	56
III.8.6 Réaction de système TCAS en cas de défaillance.....	56
III.9 OPERATION DU SYSTEME TCAS II.....	57
III.9.1 Présentation en cockpit.....	57
III.9.2 l'affichage des symboles.....	58
III.9.3 Instrumentation classique.....	58
III.9.4 description des opérations du système TCAS.....	58
III.9.5 la boîte de commande EFIS.....	59
III.10 LES MESSAGES DU SYSTEME TCAS.....	66
III.10.1 Auditif Consultatif du Trafic.....	66
III.10.2 Résolution Consultative.....	66
III.10.3 RA d'Action Préventive.....	66
III.10.4 RA de Modalité de reprise.....	66
III.10.5 Les différents messages de système TCAS.....	68
III.11 EXEMPLE DE CONFLIT RESOLUS PAR LE TCAS.....	69
III.12 INTERACTION AVEC LE CONTROLE DE LA CIRCULATION AERIENNE..	75

CHAPITRE IV : MAINTENANCE ET RECHERCHE DE PANNES

IV LA MAINTENANCE.....	73
IV.1 DEFINITION DE LA MAINTENANCE.....	73
IV.2 LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE.....	73
IV.3 LES DIFFERENTES POLITIQUES DE MAINTENANCE.....	74
IV.4 DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCES.....	75

<i>IV.5 DIFFERENTS NIVEAUX DE MAINTENANCE.....</i>	<i>78</i>
<i>IV.6 LES DOCUMENTS UTILISES DANS LA MAINTENANCE.....</i>	<i>79</i>
<i>IV.7 RECHERCHE DE PANNES.....</i>	<i>81</i>
<i>IV.7.1 Différentes classes de pannes.....</i>	<i>81</i>
<i>IV.7.2 Etape de dépannage.....</i>	<i>82</i>
<i>IV.7.3 Les différents pannes de système TCAS.....</i>	<i>83</i>
<i>IV.7.3 .1 les différents tests du système ATC.....</i>	<i>83</i>
<i>IV.7.3.2 les différents tests du système TCAS</i>	<i>85</i>
<i>IV.7.3.3 Les indications de test</i>	<i>86</i>
<i>IV.7.3.4 exemples de pannes du système TCAS.....</i>	<i>88</i>
<i>IV.8 CONCEPTION DE LA MAINTENANCE A TASSILI AIRLINES.....</i>	<i>93</i>

CONCLUSION

ANNEXES

BOBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

<i>Figure (I-1) : organigramme de l'entreprise.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure (I-2) : organigramme de la direction technique.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure (II-1) : description de système ATC.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure (II-2): les antennes ATC.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure (II-3) : Le switch ATC.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure (II-4) : boîte de commande ATC/TCAS.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure (II-5) : le panneau avant du transpondeur ATC.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure (III-1) : les constitutions du système TCAS II.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure (III-2): Description du système TCAS.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure (III-3) : TCAS computer.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure (III-4) : Boite de commande TCAS /ATC.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure (III-5) : Les quadrants d'antenne directionnelle.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure (III-6) : antenne directionnelle.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure (III-7) : antenne directionnelle.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure (III-8) : les interfaces analogues et discrètes du TCAS.....</i>	<i>35</i>
<i>Figure (III-9) : les interfaces numériques de TCAS.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure (III-10) : Fonctions de la logique TCAS.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure (III-11) : la surveillance de système TCAS.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure (III-12): limites de TAU.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure (III-13) : les volumes de surveillance.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure (III-14) : Détermination des intrus au sol.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure (III-15) : limite de RA.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure (III-16) : Choix du sens du RA.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure (III-17) : RA sans croisement d'altitude.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure (III-18) : RA avec augmentation du taux de descente.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure (III-19) : RA avec inversion de sens.....</i>	<i>55</i>
<i>Figure (III-20) : la communication et la coordination du système TCAS.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure (III-21) : affichage des symboles du TCAS II.....</i>	<i>62</i>
<i>Figure (III-22) : la boîte de commande EFIS.....</i>	<i>62</i>

<i>Figure (III-23) : PFD avec l'avis de résolution sur l'horizon artificiel (à gauche) et sur l'échelle de Vitesses verticales (à droite).....</i>	<i>63</i>
<i>Figure (III-24) : commande et affichage de trafic sur le ND.....</i>	<i>64</i>
<i>Figure (III-25) : avis de résolution « DESCEND-CLIMB ».....</i>	<i>65</i>
<i>Figure (III-26) : avis de résolution « monitor vertical speed ».....</i>	<i>68</i>
<i>Figure (III-27) EFIS : informations de trafic sur le ND en mode ROSE.....</i>	<i>69</i>
<i>Figure (III-28) : toutes les informations sur le ND en mode demi ROSE.....</i>	<i>69</i>
<i>Figure (IV-1) : objectifs de la maintenance.....</i>	<i>77</i>
<i>Figure (IV-2) : Différents types de maintenances.....</i>	<i>79</i>
<i>Figure (IV- 3): Utilisation des documents dans la maintenance.....</i>	<i>84</i>
<i>Figure (IV-4): Organigramme des étapes de dépannage.....</i>	<i>85</i>
<i>Figure (IV-5) : Organigramme de panne du système TCAS.....</i>	<i>87</i>
<i>Figure (IV-6) : les messages de TEST du système TCAS.....</i>	<i>88</i>
<i>Figure (IV-7) : Les indications de TEST (cas de bon fonctionnement).....</i>	<i>90</i>
<i>Figure (IV-8) : les indications de TEST (cas de défaillance).....</i>	<i>90</i>
<i>Figure (IV-9): Organigramme de panne d'affichage au sol</i>	<i>93</i>
<i>Figure (IV-10): Organigramme de panne TCAS TEST défaillant.....</i>	<i>95</i>

ABBREVIATION

A

AD	Air data
ADR	Air data référence
ADIRs	Air data inertial reference system
ADIRU	Air data inertial reference unit
AGL	Above ground level
AI	Attitude indicator
ATC	Air traffic control
ATCRBS	Air traffic control radar beacon système

B

BITE	BUILT-in-test equipment
------	-------------------------

C

CDS	Common display système
CPA	Closest point of approach
CPU	Central processing unit

D

DEU	Display electronic unit
DME	Distance measuring equipment

E

EFIS	Electronics flight instrument system
ELEX	electrical

F

FL	Ground proximity warning computer
FPM	ground

G

GPWC	Ground proximité warning computer
------	-----------------------------------

GND	GROUND
-----	--------

I

ID	Identification
IDENT	Identification
IF	Intermediate frequency
INS	instrument
INT	interrogator
I/O	Input/output

L

L	left
LED	Light emitting diod

M

MAX	maximum
MHZ	Mega hertz

N

N	NORMAL
ND	NAVIGATION DISPLAY
NC	NOT CONNECTED
NCD	NO COMPUTED DATA
NM	NAUTCAL MILES

P

PFD	Prémry flight display
PSR	Primary surveillance radar

R

RA	Resolution advisory
REL	relative
REU	Remote electronic unit
RF	Radio frequency
R/T	Receiver/transmitter

S

SDI	Source destination identifié
SLS	Side lobe suppression
SSR	Secondary surveillance radar
SPI	Special purpose identification
stby	standby

T

TA	Traffic
TAU	Time to closest point of approach
TAS	True air spe
TCAS	Traffic alert and collision avoidance system
TPR	transponder

V

VOR	Very high frequency omnidirectional range
VSI	Vertical speed indicator

X

XFR	transfer
xmtr	transmitter
xpdr	transponder

Introduction

Face à la forte et régulière augmentation du trafic, les aiguilleurs du ciel ne peuvent suffire. Seule une plus grande automatisation du suivi des avions permettra une fluidité et une sécurité accrues c'est à dire les responsables de la navigation aérienne se sont préoccupé très tôt de la sécurité, et ont cherché à évaluer les risques inhérents à possibles erreurs humaines en même temps que se développaient les aides automatiques à la disposition des contrôleurs et l'obligation pour chaque avion d'être équipé d'un système d'anticollision TCAS

Le TCAS II détecte et poursuit les avions qui sont aux alentours de l'avion de l'avion TCAS II et donne des indications auditive et visuelle lorsque le positionnement d'aéronef et la trajectoire de vol par rapport à un appareil intrus peuvent causer une condition potentiellement dangereuse.

Le TCAS II interroge les autres aéronefs de transpondeurs et utilise leurs réponses pour calculer les paramètres de l'appareil intrus : la distance, le relèvement et l'altitude relative.

Le TCAS II n'est pas en mesure de détecter la présence de tout appareil sans l'exploitation du Système de contrôle automatisé d'aérien (ATCRBS) transpondeur (en mode d'exploitation A et C) ou un transpondeur mode S

Mes recherches consistent à réaliser une étude descriptive du système d'anticollision embarqué. Se compose de :

Introduction

Partie 01 : l'historique de la compagnie tassili Airlines

Partie 02 : une description de système ATC

Partie 03 : le fonctionnement de système TCAS

Partie 04 : maintenance et recherche de pannes

Conclusion

INTRODUCTION

CHAPITRE I

HISTORIQUE DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES

CHAPITRE II

DESCRIPTION DE SYSTEME ATC

CHAPITRE III

FONCTIONNEMENT DU SYSTEME TCAS

CHAPITRE VI

MAINTENANCE ET CHERCHE DE PANNES

CONCLUSION

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE



Figure : Tableau de bord B737-800 NG

CHAPITRE 1

HISTORIQUE DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES

1.1 LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES

Tassili Airlines est une compagnie aérienne charter algérienne. Elle est spécialisée dans le transport des ouvriers vers les gisements de pétrole et de gaz du Sahara algérien. Son hub principal est l'aéroport d'Alger, a été inauguré en 1997 et effectua ses premiers vols en avril 1999. Le capital est détenu à 100% par la compagnie pétrolière Sonatrach. Après le rachat des actions que détenait Air Algérie dans Tassili Airlines, Sonatrach a décidé de restructurer la compagnie Tassili Airlines en un groupe aérien qui dispose de trois filiales :

- Naftatassili Air qui s'occupe du transport des travailleurs du secteur à partir des gisements d'hydrocarbures,
- Tassili Airlines qui s'occupe du transport public domestique et international, de passagers et de marchandises,
- Tassili Agro Aérien qui s'occupe du travail aérien.

1.2 RESEAU

Adrar(AZR),Alger(ALG) , Annaba(AAE) ,Arzew , Bejaia(BJA),
Béchar(CBH),Biskra(BSK),Constantine(CZL) ,Djanet(DJG),El Borma, El Golea(ELG),El
Oued(ELU),Ghardaia(GHA) ,Hassi Messaoud(HME),Hassi R'mel(HRM), Oran(ORN)
Ouargla(OGX), In Amenas(IMN), In Salah(INZ) ,skikda, Paris(CDG), Sétif(QSF),
Tamanrasset(TMR),Tiaret(TID), Tindouf(TDF), Tebessa(TEE), Touggourt(TGR), Tlemcen(TLM),
Tin Fouyé(TFT), Rouhd Nouss(RHN).

1.3 PREVUE DE ROUTE

- Alger-Paris-Charles de Gaulle
- Alger-Marseille
- Alger-Londre-Gatwick
- Constantine-Paris-Charles de Gaulle
- Hassi Messaoud-Londre-Gatwick
- Oran-Paris-Charles de Gaulle

1.4 FLOTTE

La flotte de Tassili Airlines se compose de :

- 4 Dash8-Q400(DH8D)
- 4 Dash8-Q200 commandés(DH8B)
- 3 Beech 1900D (B190)
- 7 Bell206(B206)
- 4 Cessna Grand Caravan C208B

- 6 Pilatus PC-6

1.5 LA MISSION DE LA COMPAGNIE

Le programme de TAL aura à prendre en charge le transport aérien national et international. Étant une filiale de Sonatrach, elle accordera la priorité aux pétroliers et parapétroliers. Elle aura un marché de 1 million de passagers par an. Il faut rappeler que TAL est en elle-même un groupe aérien composé de trois sociétés. La première, Naftassili Air, est créée pour assurer le transport aérien des pétroliers et parapétroliers. La seconde, qui est TAL, sera chargée du transport aérien national et international. À Tassili Agro-Aérien, quant à elle, on a confié toutes les opérations liées au domaine agricole telles que la lutte antiacridienne, la surveillance des feux de forêt...

TAL va, en outre, procéder à la construction par une société canadienne d'un hangar pour les avions neufs avec des technologies nouvelles, dont les travaux commenceront incessamment. Ce projet sera suivi, également, par la réalisation d'un bâtiment dédié à la maintenance, l'exploitation et la sécurité. Un autre hangar sera édifié aussi à Hassi-Messaoud, alors que le siège social de l'entreprise sera construit à Alger du côté de l'hôtel Mercure.

TAL ne compte pas s'arrêter là. Elle lancera dès le mois prochain un autre appel d'offres pour l'acquisition de jets de 70 places et plus tard d'autres avions de 150 sièges pour les transports national et international.

Une étude a été concrétisée aussi pour l'achat d'une quinzaine d'aéronefs, des hélicoptères pour la surveillance des forêts et l'extinction des feux de forêt, l'application des traitements phytosanitaires...

1.6 TASSILI AIRLINES SE LANCE DANS 'LE GRAND PUBLIC'

Avec Tassili Airlines, Sonatrach veut se doter des moyens de répondre à ses propres besoins et à ceux de l'industrie pétrolière algérienne en matière de transport des travailleurs pétroliers notamment le transport dans les régions de production au sud du pays. Les investissements importants faits dans le secteur ont propulsé la demande en quantité et ont rendu nécessaire une qualité de service aussi.

Depuis la prise de contrôle par Sonatrach de Tassili Airlines au mois de mai 2005, le processus de relance de la compagnie a subi de grands changements. Les pouvoirs publics ont confié à Sonatrach la mission de mettre à profit son expérience dans le management et ses moyens financiers pour renforcer les capacités nationales de transport aérien. Si la priorité des priorités reste la relève, c'est-à-dire le transport des travailleurs des compagnies pétrolières et parapétrolières, la compagnie " nouvelle formule " va investir le transport aérien grand public.

En clair elle va renforcer les moyens nationaux et surtout devenir un concurrent pour Air Algérie même si on considère qu'il y a de la place pour tout le monde. En effet depuis la disparition des compagnies aériennes privées et surtout de Khalifa Airways, Air Algérie s'est

retrouvée seule en véritable monopole pour le secteur du transport aérien national. Le problème se situe à deux niveaux, les capacités nationales ont baissé et la situation de monopole ne facilite pas l'amélioration du service par le procédé de la concurrence.

Les grands projets de développement dans le pays sur les Hauts Plateaux et dans le Sud vont encore contribuer à faire augmenter la demande nationale au moment où Air Algérie n'arrive pas à répondre à la demande y compris pour les villes du Nord notamment pour les voyages d'affaires devenus un créneau important avec la relance économique

1.7 LA DIRECTION TECHNIQUE

Son rôle est de faire face à l'impératif de sécurité et de faire prolonger la durée de vie et d'exploitation des appareils de la flotte.

Elle est divisée en sous direction, qui est présentés sur l'organigramme ci dessous :

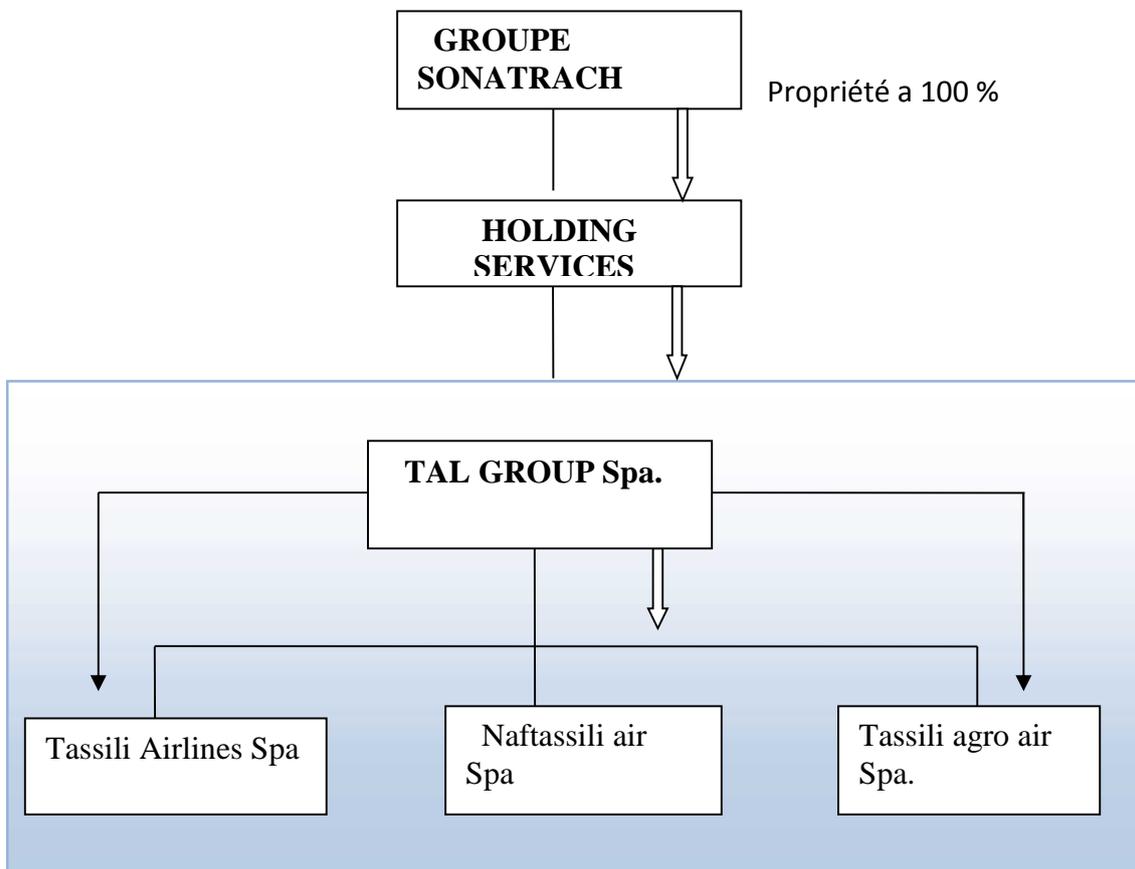


Figure 1.1 : organigramme de la direction technique

1.8 PRESENTATION DE 8-Q400

Appelé initialement **Dash-8-400** sous la dénomination de Havilland Canada , cet avion a été renommé **Q400** après l'acquisition de **De Havilland** Canada par Bombardier.

Le Dash 8-Q400 est le plus gros appareil de la série Dash 8 (10.1 mètres plus long que le Dash 8-Q100). Il possède 2 turbopropulseurs PW150A à 6 pales contrairement aux autres moteurs de Dash 8 qui en possèdent 4. Appelé Q400, Q étant pour "quiet" (silencieux), ses 6 pales réduisent l'émission sonore. Il possède aussi un système réduisant les vibrations et le son -NVS-. Il consomme moins de carburant et émet moins de gaz polluant. Il est aussi l'un des plus rapides turbopropulseurs avec sa vitesse de croisière moyenne de 670 km/h. Le Dash 8 ressemble particulièrement à l'ATR -Avion de Transport Régional- ATR 42 et ATR 72 et au Fokker F50.

Le Dash 8-Q400 dispose d'une version bombardier d'eau équipant la Sécurité Civile française. Cet avion est dénommé Q400 MR pour multi-rôles. En effet, outre sa capacité d'emport de 10 tonnes d'eau ou de retardant en mission de lutte contre les incendies de forêts, il permet de transporter jusqu'à 64 passagers ou 9 tonnes de fret. Le système de largage est composé d'une soute, réservoir de 10 000 litres plaqué sous le fuselage, d'un calculateur commandant deux portes permettant un largage dit "constant flow" afin d'assurer un recouvrement au sol quantitatif et qualitatif choisi par l'équipage.

Le Q400 offre un très grand espace par passager qui, combiné au système anti-vibrations et insonorisant, rend le voyage confortable et agréable. Il peut embarquer de 68 à 78 passagers, selon la configuration, répartis dans deux rangées de deux sièges chaque.

1.9 LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES –BONBARDIER Q400 A TURBOPROPULSEURS DASH8 AVION

DIMENSION	
longueur	32.8 m
envergure	28.42 m
Surface alaire	63.1 m ²
taille	8.36 m
Diamètre maximum du fuselage	2.69 m

DIMENSION CABINE	
Longueur de cabine à l'exclusion du poste de pilotage	18.8m
Largueur de cabine maximale	2.51m
Etage niveau largeur de cabine	2 .03m
Hauteur maximal	1.95m
Volume cabine	91.5m ³
Bagage volume	14.2 m ³

POIDS	
Masse maximale de décollage	29.25kg
Masse maximale de l'atterrissage	28.009kg
Masse maximale sans carburant	25.855kg
Poids à vide d'exploitation	17.108kg
Charge utile maximale	8.747kg
Charge utile avec le plein de carburant	6.831kg
Capacité de carburant	6 .526l

MOTEURS	
turbopropulseurs	2 Pratt et whiney Canada PW1 50A
puissance	5.071 shp
helices	Dowty r408 six pales, réversible hauteur
avionique	Thales avionics

PRESENTATION	
Game avec 74 passagers @ 200lb	2.519 km (1.360nm)
Vitesse de croisière maximal :	648km/hour
Altitude d'exploitation maximal	7.620m(25.000 ft)
FAR décollage aérodromes longueur (SL, ISA à masse maximal au décollage)	1.193m
FAR aérodrome d'atterrissage longueur (SL à masse maximale à l'atterrissage)	1.287m
Niveau sonore, au décollage, FAR 36	78.3 EPNdB
Niveau sonore, sideline, FAR 36	84.0 EPNdB
Niveau sonore, approche, FAR 36	94.8 EPNdB

Tableau 1.2 : les caractéristiques de Q400

CHAPITRE II DESCRIPTION DE SYSTEME ATC

II.1 HISTORIQUE

Bien que la recherche dans les systèmes d'évitement de collision en vol a commencé dans les années 1950, ce qui a décidé l'Administration Fédérale de l'Aviation américaine (Fédéral Aviation Administration ou FAA) est une suite de collisions en vol impliquant des avions de ligne et causant de nombreux décès.

En 1955, l'aviation commerciale en général a beaucoup augmenté, et l'espace aérien a commencé à avoir une hausse de risque de collision en plein ciel.

Au départ, au milieu de l'année 1955, le chercheur Dr J MOREIL de coopération Bendix a entrepris une des premières études scientifiques pour déterminer la cause et la prévention contre les collisions en plein ciel. Le Dr J MOREIL a publié un document sous le titre « la physique de la collision » où il a défini la théorie de « l'enveloppe de l'espace aérien en trois dimensions » entourant chaque aéronef. Un aéronef est considéré comme une menace potentielle. Dès qu'il franchit cette enveloppe. Suite à cela, ce document est devenu le grand-père de tous les développements futurs des systèmes d'évitement de collision.

Aussi, au milieu de l'année 1955, l'association du transport aérien (ATA) avait demandé à l'industrie aéronautique des études de déterminer si le système d'évitement de collision était plausible. Entre l'année 1959 et l'année 1974 plusieurs tentatives ont été établies pour développer le système d'évitement de collision standard. Différents systèmes ont été expérimentés avec les différents concepts d'évitement de collision. Depuis, la législation établie par la FAA (Federal Aviation Agency) a pris en considération les problèmes liés en aux collisions en plein ciel.

Au début de l'année 1980, la FAA a accordé à Bendix l'engagement de développer le système d'évitement de collision qui a été appelé « TCAS II ». Le système TCAS II peut poursuivre un aéronef qui se trouve à 30 miles de l'aéronef équipé du système TCAS, il fournit des commandes de guidage vertical (vocal et visuel) pour permettre à l'équipage de bord de prévenir les collisions en plein ciel.

Par ce que la FAA a exigé que tous les aéronefs d'ordre commercial à plus de 30 passagers soit équipé du système TCAS II, deux autres grand géant de l'aviation dans le développement du système TCAS II (Rock Well Collins et Honeywell) étaient anxieux à l'idée de produire leurs propre système TCAS II.

Au milieu de l'année 1980, la recherche a commencé le développement du système TCAS III. On a voulu que ce système puisse fournir des manœuvres de guidage dans les plans horizontal et vertical (Tourner à gauche, tourner à droite). Des difficultés techniques ont interrompus le développement du TCAS III, le concept du système TCAS III a été modifié et son appellation est passée au TCAS VI.

Suite à un autre incident parvenu en ciel en 1986, la FAA à exiger le système TCAS II en 1988. LE 1 janvier 1994, la FAA a exigé et contraint tous les aéronefs de plus de 31 passagers survolant l'espace aérien américain d'être équipés du système TCAS II. Le 1 janvier 2000 le système TCAS II A été exigé pour les aéronefs survolant l'espace aérien européen. En mars 2001, il a été exigé pour les aéronefs survolant aériens africains.

L'intérêt de l'application commerciale de la technologie du système TCAS dans l'application militaire est plus grand à cause de la capacité du système TCAS à assister la formation de vol, et la capacité de rehausser la sécurité de vol entre les aéronefs militaires et les aéronefs commerciaux.

En 1er juillet 2002, collision en vol au-dessus du lac de Constance entre un B 757 Cargo de DHL et un TU 154 de Bashkirian Airlines a pu faire l'objet d'une enquête précise, car les enregistreurs de vol ont été retrouvés intacts. Il apparaît donc des éléments objectifs intéressants sur cet accident.

- Il n'y avait pas de problème technique sur les deux avions lors de la collision.
- Les deux systèmes anticollision (TCAS) étaient identiques, de marque Honeywell 2000 et leur fonctionnement correct.

- La collision est survenue à 35.000 pieds, avec des caps de 004° pour le B757 et de 274° pour le TU144, c'est à dire un cap de convergence de 90°.

II.2 LES DIFFERENTS TYPES DE TCAS

Il existe trois familles de TCAS.

- a) L'ACAS I : fournit des avis de trafic (il n'est pas prévu de mise en oeuvre internationale au niveau de l'OACI).
- b) L'ACAS II : fournit des avis de trafic et des avis de résolution uniquement dans le plan vertical.
- c) L'ACAS III : fournit des avis de trafic et des avis de résolution dans les plans horizontal et vertical.

En matière d'équipement, seul le TCAS, fabriqué par trois équipementiers américains, répond aux normes ACAS : le TCAS I aux normes ACAS I; le TCAS II aux normes ACAS II; aucun équipement de type ACAS III n'existe actuellement et ne devrait voir le jour dans le futur proche, en raison de difficultés techniques et opérationnelles.

Les alertes générées par ACAS II dépendent du mode du transpondeur de l'intrus :

- aucune n'alerte si ce transpondeur est inactif ou non conforme aux normes OACI.
- des avis de trafic si ce transpondeur est actif.
- des avis de trafic et des avis de résolutions si ce transpondeur émet le Mode C.

II.3 DEVELOPPEMENT DU TCAS II

Le développement du TCAS II a démarré en 1981 lorsque la FAA a lancé son programme de réalisation. Pendant les années 80, des évaluations menées par des compagnies aériennes ont permis d'améliorer progressivement les versions de TCAS II, jusqu'à obtenir la version 6.0.

En avril 1989, l'OACI a pris la décision de réaliser une évaluation opérationnelle mondiale du TCAS II afin d'en déterminer les performances et d'identifier les problèmes. Les deux principales évaluations se sont déroulées aux Etats-Unis à partir de juin 90 et en Europe à partir de mars 91.

Les résultats de ces évaluations ont permis le développement de la version 6.04a en 1993; l'objectif de cette version était principalement de réduire le nombre des alarmes dérangementes à basse altitude et lors des stabilisations. Une fois la version 6.04a mise en oeuvre, les évaluations opérationnelles se sont poursuivies dans la même optique et ont amené le développement

d'une nouvelle version, la version 7; celle-ci a été approuvée en décembre 97 et devrait être disponible à la fin 98. Elle devrait permettre d'augmenter encore la compatibilité du TCAS avec le système du contrôle du trafic aérien. Les principales améliorations portent notamment sur l'introduction d'un filtre de poursuite horizontale et d'une poursuite verticale à 25 ft, la compatibilité avec les opérations RVSM (Reduced Vertical Séparation Minima) et la réduction des interférences électromagnétiques.

II.4 VERS UNE OBLIGATION MONDIALE

La première obligation d'emport d'un système d'anti-abordage embarqué a été décidée aux Etats-Unis en 1989 et portait sur l'équipement, c'est-à-dire le TCAS. A partir du 1er janvier 1994, tous les avions civils de plus de 30 places dans l'espace aérien américain devaient être équipés de TCAS II.

Dès cette époque, bien que son emport ne soit pas encore obligatoire, le nombre d'avions équipés de TCAS II en Europe, notamment les longs courriers, 'a cessé d'augmenter. Par ailleurs, les études et évaluations ayant mis en évidence le gain en sécurité apporté par ce système, certaines compagnies ont décidé d'en équiper leurs appareils.

En 1995, un projet d'obligation d'emport d'ACAS II en Europe a été approuvé par le Comité de Gestion d'Eurocontrol, puis entériné par le Project Board d'EATCHIP (Européen Air Trafic Control Harmonisation and Implémentation Project). Son application concerne :

- à partir de 1er janvier 2000, les avions civils à turbine de plus de 30 sièges ou d'une masse maximale au décollage supérieure à 15 tonnes.
- à partir de 1er janvier 2005, les avions civils à turbine de plus de 19 sièges ou d'une masse maximale au décollage supérieure à 5,7 tonnes.

Des obligations d'emport de l'ACAS II sont également en cours d'élaboration dans de nombreux états, tels que l'Australie, l'Inde et le Japon; cette généralisation progressive de l'utilisation de l'ACAS, ainsi que l'abordage en Inde, au cours de l'été 1996, entre un Boeing-747 saoudien et un Iliouchine-76 kazakh ont amené l'OACI à proposer une obligation mondiale d'emport selon des règles d'application correspondant à celles de la politique européenne qui incluent également les avions cargo.

Afin de garantir une efficacité totale de l'ACAS II, l'OACI précise que son obligation d'emport devrait être associée à une obligation d'emport et d'utilisation de transpondeurs Mode A/C (équipement nécessaire à la génération des avis de résolution).

Par ailleurs, notamment suite à l'abordage entre un Tupolev 154 de l'armée allemande et un cargo C-141 de l'armée américaine au large de la Namibie en septembre 97, une réflexion sur la nécessité d'équiper les avions de transports militaires a été initialisée.

II.5 L'OPERATION DU SYSTEME TCAS

L'évaluation opérationnelle conduite en Europe et plus particulièrement en France de 1991 à 1995 a montré l'efficacité du TCAS II comme système d'anti-abordage embarqué et a permis d'identifier un certain nombre de principes d'utilisation. Certains de ces principes sont repris par les réglementations OACI. Les autres constituent la base de la formation pratique des personnels, pilotes et contrôleurs.

II.6 LA REGLEMENTATION

L'annexe 2 de l'OACI donne la définition officielle de l'ACAS:

“ Système embarqué qui, au moyen des signaux des transpondeurs radar secondaires de surveillance (SSR) et indépendamment des systèmes sol, renseigne le pilote sur les aéronefs dotés de transpondeurs SSR et qui risquent d'entrer en conflit avec son aéronef ”.

définissent le comportement des contrôleurs vis-à-vis des aéronefs équipés d'un ACAS :

➤ la fourniture des services de contrôle (établissement et maintien des séparations, prévention des abordages) doit être identique que l'aéronef soit équipé ACAS ou non. Ce point de la

réglementation signifie que le contrôleur reste maître de l'établissement et du maintien des séparations tant qu'il n'y a pas d'avis de résolution suivi.

➤ lorsqu'un pilote signale une manoeuvre suite à un avis de résolution, le contrôleur ne doit pas tenter de modifier la trajectoire de l'avion, mais continuer à fournir l'information de trafic appropriée.

➤ le pilote conserve la maîtrise de la conduite de l'aéronef : rien ne doit l'empêcher d'exercer son meilleur jugement et sa pleine autorité pour adopter la meilleure ligne de conduite.

- le pilote utilise les indications de l'ACAS en conformité avec les points suivants :
 - ➔ le pilote ne doit pas manoeuvrer sur la seule base d'un avis de trafic.
 - ➔ lors d'un avis de résolution, le pilote doit continuer de surveiller visuellement l'espace aérien concerné.
 - ➔ **la déviation sera réduite au minimum nécessaire**, et le pilote reviendra promptement à la trajectoire de vol prévue.
 - ➔ le pilote informera le contrôle dès que possible de la déviation, et de son retour à la clairance initiale La phraséologie pilote à utiliser est ainsi définie (uniquement pour TCAS II) :
 - TCAS climb (ou descend);
 - TCAS climb (ou descend), returning to [assigned clearance]
 - TCAS climb (ou descend) completed, [assigned clearance]
 - unable to comply, TCAS resolution advisory

II.7 UTILISATION OPERATIONNELLE DU SYSTEME TCAS

II.7.1 du point de vue pilote

Les programmes d'évaluation du TCAS II et le suivi de sa mise en oeuvre ont montré que cet équipement a déjà permis de rattraper des situations dangereuses , et que, dans certains cas, l'avis de trafic favorise l'acquisition visuelle ce qui peut suffire à éviter tout risque d'abordage. Cependant, certains problèmes liés au stress important induit par l'avis de résolution ont été mis en évidence :

- Un avis de résolution amène quelquefois les pilotes à dévier de façon excessive : des écarts de plus de 1000 pieds ont été constatés. La moyenne des déviations est d'environ 650 pieds.
- le pilote tarde souvent à annoncer au contrôle sa déviation verticale et à revenir à la trajectoire assignée. La phraséologie officielle est rarement utilisée et un dialogue gênant s'instaure sur la fréquence. Le message initial est en général incompris du contrôleur.

D'autres problèmes sont liés à une mauvaise utilisation du TCAS :

- 1). Certains pilotes demandent des informations ou refusent une clairance en l'absence d'avis de résolution; cette attitude est justifiée seulement si l'intrus n'a pas de Mode C.

- 2). Les équipages sont parfois tentés de faire de la surveillance à l'aide de l'écran de visualisation des avis de trafic; or les indications présentées sont sommaires et portent uniquement sur la position relative instantanée de l'intrus par rapport à l'avion de référence, aussi le risque d'interprétation erronée est important.
- 3). Des virages sans acquisition visuelle avec et sans avis ont été constatés, et se sont traduits par une dégradation de la sécurité pour les raisons évoquées ci-dessus.
- 4). Enfin, il arrive que le pilote ne réagisse pas au RA alors qu'il dispose seulement d'une information de trafic mais n'a pas d'acquisition visuelle de l'intrus ; en cas d'alarme justifiée, ce pilote perd alors de précieuses secondes dans la résolution du conflit; par ailleurs, si l'intrus est aussi équipé du TCAS, les RA sont coordonnés et dans ce cas, le non suivi du RA peut amener une dégradation du conflit.

Les problèmes rencontrés par les pilotes dans l'utilisation du TCAS II peuvent être regroupés en trois catégories :

- Connaissance insuffisante du fonctionnement du système et de la phraséologie
- dérives dans l'utilisation de l'écran TCAS
- Et réactions incorrectes aux avis de résolution

Un effort tout particulier doit être réalisé sur la formation des équipages; seule une utilisation appropriée du TCAS II par les pilotes permettra d'améliorer son intégration dans le système de contrôle du trafic aérien.

Ceci doit comporter deux parties complémentaires et indissociables :

a) La théorie

Pour permettre aux pilotes de connaître correctement le fonctionnement du TCAS II avec ses limites, ainsi que les consignes opérationnelles de leur compagnie.

b) La pratique sur simulateur.

Les avis de résolutions sont à l'origine d'un stress important, et demandent aux pilotes des réactions rapides et appropriées. Il est donc nécessaire de prévoir une formation sur simulateur de vol afin d'améliorer les réflexes des navigants et d'optimiser l'utilisation opérationnelle du TCAS en conditions réelles.

II.8 DESCRIPTION DU SYSTEME ATC

Les stations sol de contrôle de trafic aérien (ATC) interrogent le système aéroporté ATC (avion) par un signal sous forme d'impulsion codée à une fréquence de 1030Mhz. Le transpondeur ATC (avion) répond aux interrogations par des signaux de même forme (impulsions) à une fréquence de 1090 Mhz pour identifier et montrer l'altitude de l'avion.

Le transpondeur ATC (avion) répond également aux interrogations des transpondeurs mode S de système d'alerte de trafic et d'évitement de collision (TCAS) des autres avions.

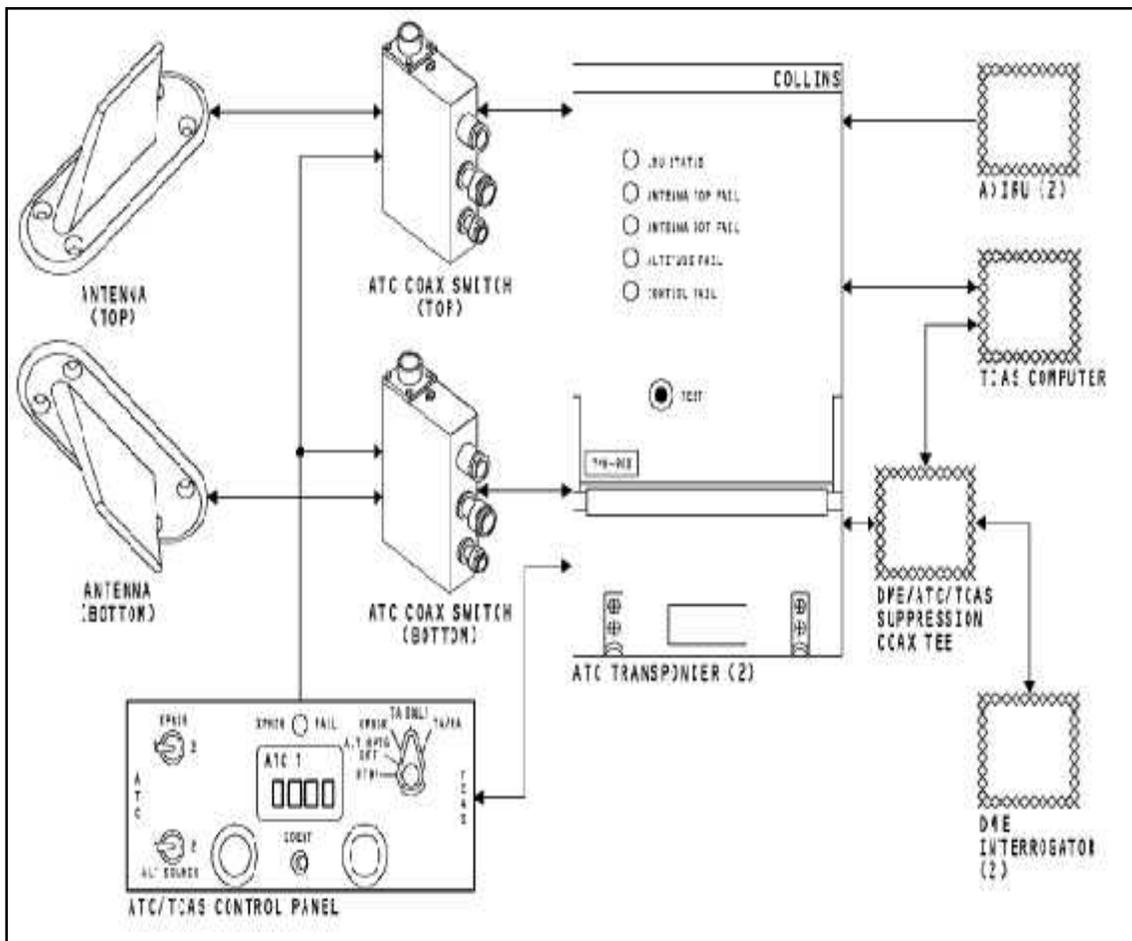


Figure II .1 : description de système ATC

II .8.1 Constitution du système ATC

Le système ATC est constitué de :

- deux antennes ; une supérieure et l'autre inférieure
- deux switches d'antenne
- une boîte de commande ATC/TCAS
- deux transpondeurs (émetteurs-récepteurs)

II.8.1.1 Les antennes

Les antennes reçoivent et transmettent les signaux de transpondeur ATC par l'intermédiaire des switches.

L'antenne ATC reçoit un signal d'interrogation de station sol et les ATC d'autres avions qui ont le TCAS qui fonctionne sur la fréquence de 1030 Mhz.

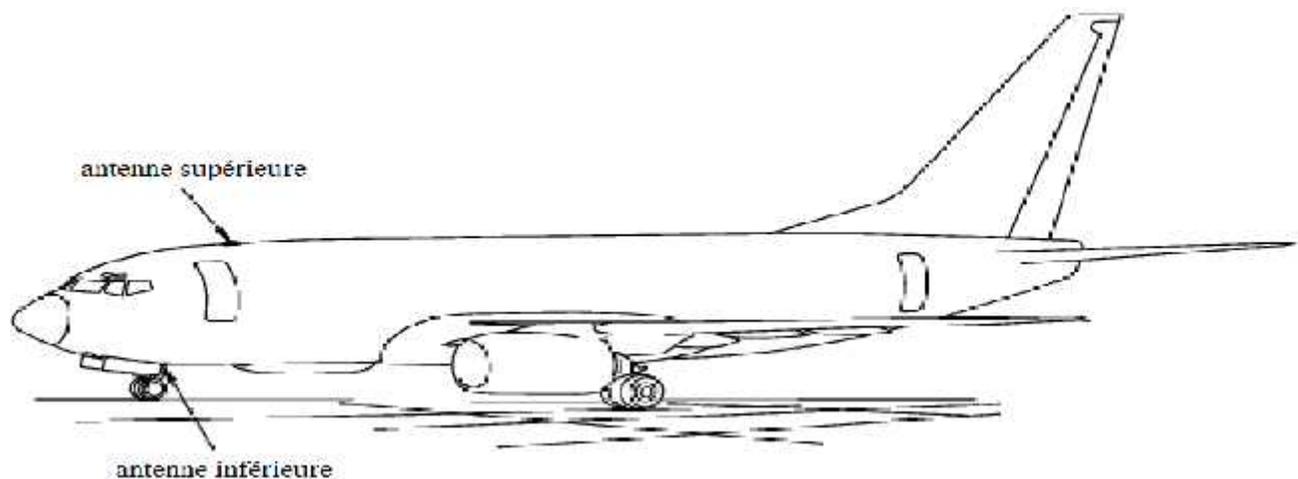


Figure II.2 : les antenne ATC

II.8.1.2 les switchs des antennes ATC

Le rôle des switchs d'antennes ATC est de connecter le transpondeur actif avec les deux antennes.

Le switch d'antennes ATC est constitué de :

- 1- un connecteur électrique
- 2- un connecteur coaxial de transpondeur ATC1
- 3- un connecteur coaxial de transpondeur ATC2
- 4- un connecteur coaxial d'antenne

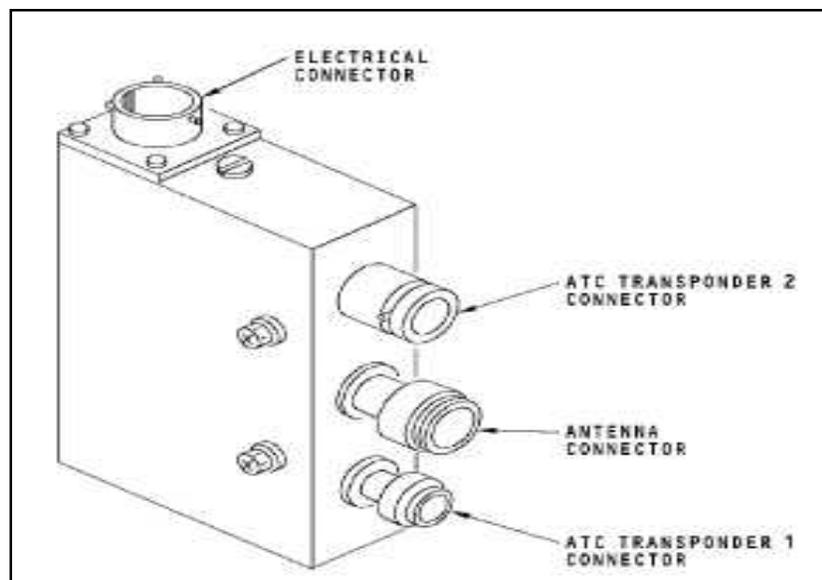


Figure II.3 : Le switch ATC

II.8.1.3 la boîte de commande ATC/TCAS

La boîte de commande duelle ATC/TCAS commande le transpondeur ATC et TCAS computer.
Les commandes et les affichages sur la boîte de commande ATC/TCAS sont :

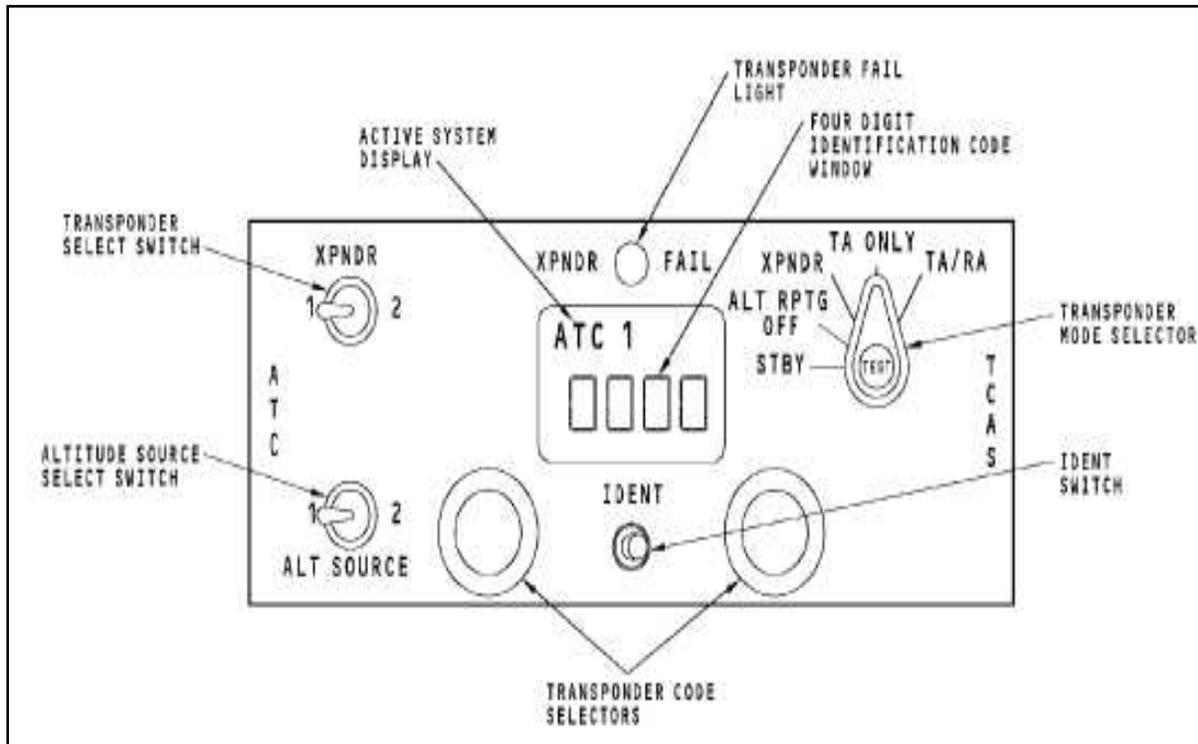


Figure II.4 : boîte de commande ATC/TCAS

a) Le Commutateur de transpondeur et l'affichage de système actif

Le switch a deux positions pour sélectionner soit, le transpondeur ATC 1 ou le transpondeur ATC 2. Quand l'équipage choisit la position 1, la boîte de commande ATC envoie un discret (une masse) au transpondeur ATC 2 pour le mettre en mode stand-by. Les antennes alors se relient au transpondeur actif ATC 1. Lorsque l'équipage choisit la position 2, la boîte de commande ATC envoie un discret (une masse) au transpondeur ATC 1 pour le mettre en mode stand-by. Les antennes se relient donc au transpondeur ATC 2.

Le système choisi (ATC1 ou ATC2), montre sur la boîte de command

b) Le code d'identification

Le code d'identification est composé de quatre chiffres; les quatre chiffres du code d'identification sont sélectionnés par l'équipage sur la boîte de commande, Les codes sont de 0000 à 7777, sauf les codes suivants: 7500, 7600 ou 7700 sont des codes d'urgences. Les deux transpondeurs reçoivent ce code d'identification.

c) Sélecteur de mode de Transpondeur

Il permet de sélectionner les différents modes de fonctionnement du transpondeur qui sont les suivants:

- TEST : ce bouton permet de faire un test de fonctionnement du transpondeur ATC. Au sol uniquement.
- STBY (stand-by) : dans ce mode, le transpondeurs ne répond pas aux interrogations ATC, mais le test fonctionnel peut se faire.
- ALT RPTG OFF (altitude reporting off) : le transpondeur répond aux interrogations ATC, mais cette réponse ne contient pas le rapport d'altitude.
- XPNDR (transpondeur) : le transpondeur travail en mode C et en mode S (fonctionnement normal).

d) Bouton d'identification (IDENT)

Quand le contrôleur aérien à la demande l'identification de l'avion, l'équipage appuie sur le bouton (IDENT) momentanément, Le transpondeur ajoute une impulsion d'identification à la réponse d'interrogation qui permet au contrôleur d'identifier l'avion concerné sur son écran.

e) Commutateur de Sélection de source d'Altitude

Le commutateur a deux positions, qui permettent de choisir la source d'altitude du transpondeur ATC. Quand le commutateur est placé sur la position 1, l'ADIRU 1 fournit les données d'altitude, et lorsque le commutateur placé sur la position 2, l'ADIRU 2 fournit les données d'altitude.

f) voyant lumineux (transpondeur ATC en panne)

Le voyant s'allume quand :

- L'antenne en panne
- Le transpondeur en panne
- Défaillance des données de commande
- Défaillance des données altitude.

La boîte de commande ATC/TCAS commande l'opération de transpondeurs ATC.

Le microprocesseur dans la boîte de commande reçoit les données depuis:

- le sélecteur de code identification
- le Commutateur d'identification
- le Sélecteur de mode.

Le microprocesseur transforme ces entrées en données numériques en Bus ARINC 429. La boîte de commande ATC envoie ces données sur un bus ARINC 429 au transpondeur pour choisir:

- Le code d'identification ATC pour répondre aux interrogations des autres ATC
- Discrète numérique pour la position du commutateur d'identification
- Discrètes numérique pour ALT RPTG OFF ou mode XPNDR
- discret Numérique pour le test

Le bus des données numériques de la boîte de commande a trois discrètes numériques :

a) Le premier indique si le sélecteur de mode sur la boîte est sur la position ALT RPTG OFF (Altitude Reporting Off). Si c'est le cas, l'unité centrale de traitement (CPU) ne permet pas au transpondeur ni de répondre à l'interrogation du mode C, ni l'altitude dans la réponse du mode S.

b) Le deuxième discret numérique de la boîte de commande indique la position du commutateur d'identification. Le pilote pousse momentanément le commutateur d'identification à la demande des contrôleurs aériens dans les stations au sol. Quand ceci se produit, le transpondeur envoie le code d'identification ATC.

c) Le troisième discret numérique indique si le test de test de la boite est sélectionne. Si le cas, le transpondeur commence un auto-test fonctionnel.

II.8.1.4 Le transpondeur ATC

La station sol ATC interroge le transpondeur ATC par un signal sous forme d’impulsions à une fréquence de 1030 MHz.

Le transpondeur répond par un signal de même forme (impulsions) à une fréquence de 1090 MHz.

Le transpondeur répond également au contrôle de trafic aérien et TCAS computer en mode S.

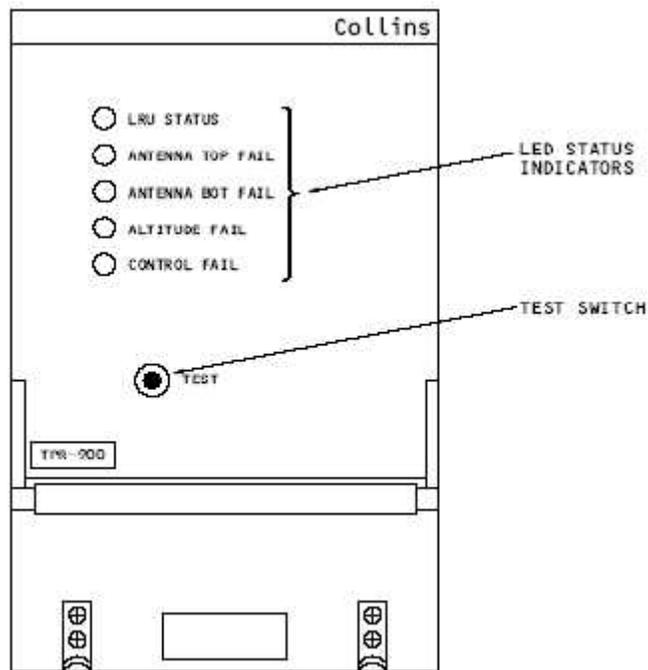


Figure II.5 : le panneau avant du transpondeur ATC

a) les indications de transpondeur ATC

Le bouton de test est effectuée un auto-test. Le voyant de transpondeur ATC est affiché les indications suivantes:

- l'état de LRU : vert s'il n'y a aucune défaillance de LRU et rouge en cas d'anomalie
- l'antenne (supérieure ou inférieure) en panne.
- défaillance des données altitude
- défaillance des entrées de la boîte de commande

b) Les pins Programme :

Chaque transpondeur ATC a ces pins programme:

- code adresse mode S avion
- identification de la position (SDI)
- Vitesse vraie maximale

Le code mode S est constitué de 24 bits dans chaque transpondeur. Un module de commutateur de programme se relie à ces pins programme pour l'ouverture et prises de terre au sol nécessaire pour rendre le 24-bit identification d'avion unique.

Le SDI définit le transpondeur en tant que ATC 1 ou ATC 2 de transpondeur.

Les pins programme de la vitesse anémométrique définissent la vitesse vraie maximale d'avion, Le transpondeur envoie cette vitesse au TCAS computer.

II.8.2 Les données numériques au système TCAS

Les données envoyées par le transpondeur ATC actif au TCAS sont :

- ➔ l'identification mode S pour la coordination (TCAS-TCAS).
- ➔ Altitude pression
- ➔ Vitesse vraie maximale

- Données de message de coordination de TCAS (RA)
- Données de défaillances de transpondeur ATC

II.8.3 Les données du TCAS au transpondeur actif

Les données envoyées par le système TCAS au transpondeur actif sont :

- Données opérationnelles générales de TCAS
- Données de mise à jour de coordination.

II.8.4 Les données de l'ADIRU (Air Data inertial reference unit)

L'ADIRU envoie des données aériennes au transpondeur ATC.

Le transpondeur ATC 1 obtient des données (Air Data) de l'entrée AD de l'ADIRU gauche et également fournit des données (Air Data) au transpondeur ATC 2. Et même chose pour le transpondeur ATC 2.

II.8.5 Les données du PSEU (proximity switch electronic unit)

PSEU envoie un discret (air/sol) à travers la boîte de commande ATC/TCAS aux transpondeurs pour :

- Empêcher les tests du système ATC en vol
- Empêcher les réponses en mode A et en mode C au sol
- calculer les nombres de vol. (pour enregistrer les pannes de chaque vol)

CHAPITRE III**FONCTIONNEMENT DU SYSTEME TCAS****III.1 Définition du système TCAS**

TCAS (Trafic Alert and Collision Avoidance System) : est un système d'anticollision embarqué qui assure la détection, et la poursuite, des avions évoluant à proximité de l'avion équipé de ce système. Et signaler la présence des avions qui constituent une menace de collision et conseille aux avions des manœuvres visant à résoudre le conflit de manière à assurer la séparation de sécurité entre les avions en cause.

Le TCAS est un système autonome d'anticollision embarqué récemment par la FAA (Federal Aviation Administration) avec les sociétés BENDIX/KING et HONEYWELL.

Ce système fournit au pilote des informations sur le trafic dans l'environnement immédiat de l'avion, en donnant un ordre d'évitement dans le plan vertical lorsqu'il détecte un risque de collision ou de rapprochement estimé dangereux avec un autre avion.

Les tests en vol effectués en 1988 et 1989 ont montré qu'il s'agit d'un système sûr, utilisable sans problème, améliorant très certainement la sécurité dans toutes les zones à forte densité de trafic, son importance justifie l'exposé relativement développé qui suit.

III .2 Description du système TCAS

Le TCAS est système d'anticollision embarqué indépendant, il est désigné principalement à fonctionner comme un « back up » pour le système ATC sa principale fonction est « surveiller et contrôler la circulation aérienne ».

Le TCAS est constitué comme suit :

- Deux antennes
- TCAS computer
- Système d'affichage (ND/PFD)

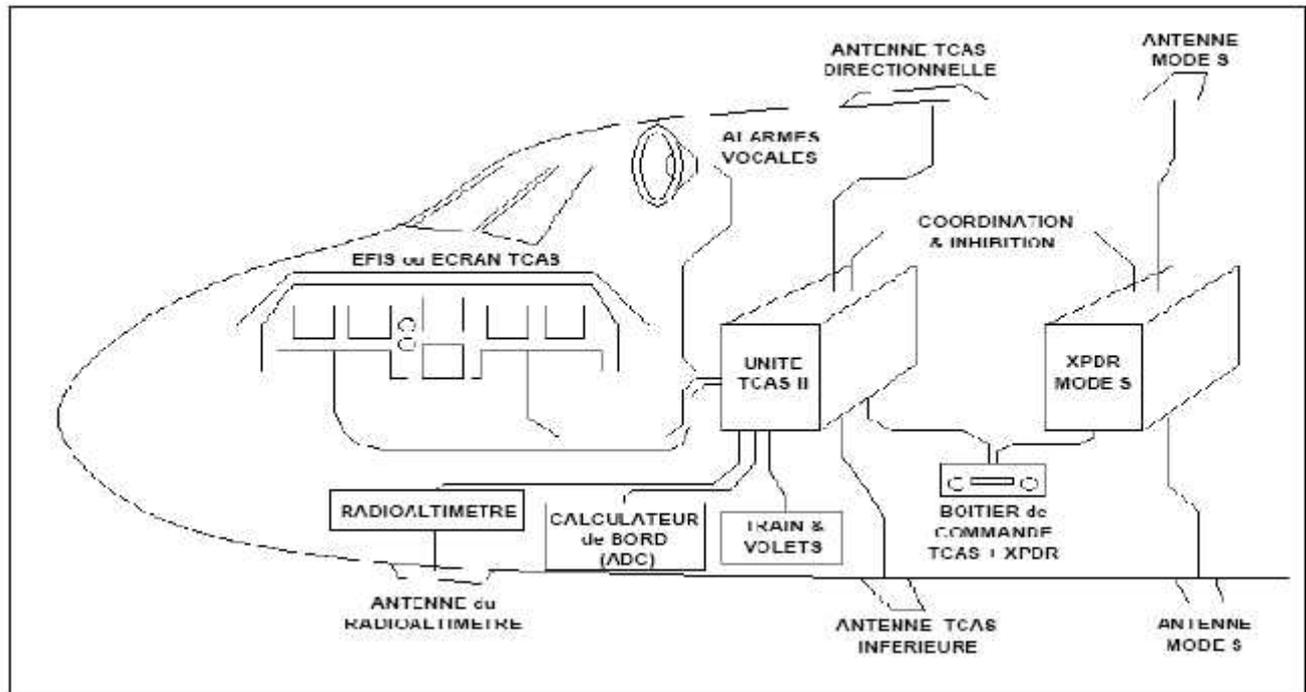


Figure III.1 : Description de l'équipement TCAS II

La capacité de surveillance d'un système TCAS a une enveloppe définie par un rayon horizontale de 40 miles et à une distance verticale indéfinie.

Le TCAS surveille d'une manière continue l'espace aérien autour de l'aéronef à la recherche d'autres avions munis de transpondeur ATC.

Une antenne directionnelle située sur le dessus de l'avion émet des impulsions d'interrogations sur 1030 Mhz, exactement comme un radar secondaire au sol, à différent niveau de puissance sur quatre quadrants de 90°.

Les réponses des intrus (transpondeurs) sont acheminées par le système TCAS, les réponses reçues sur 1090 Mhz et transmises au TCAS computer, une deuxième antenne directionnelle, permet d'acquérir les intrus situés sous l'avion.

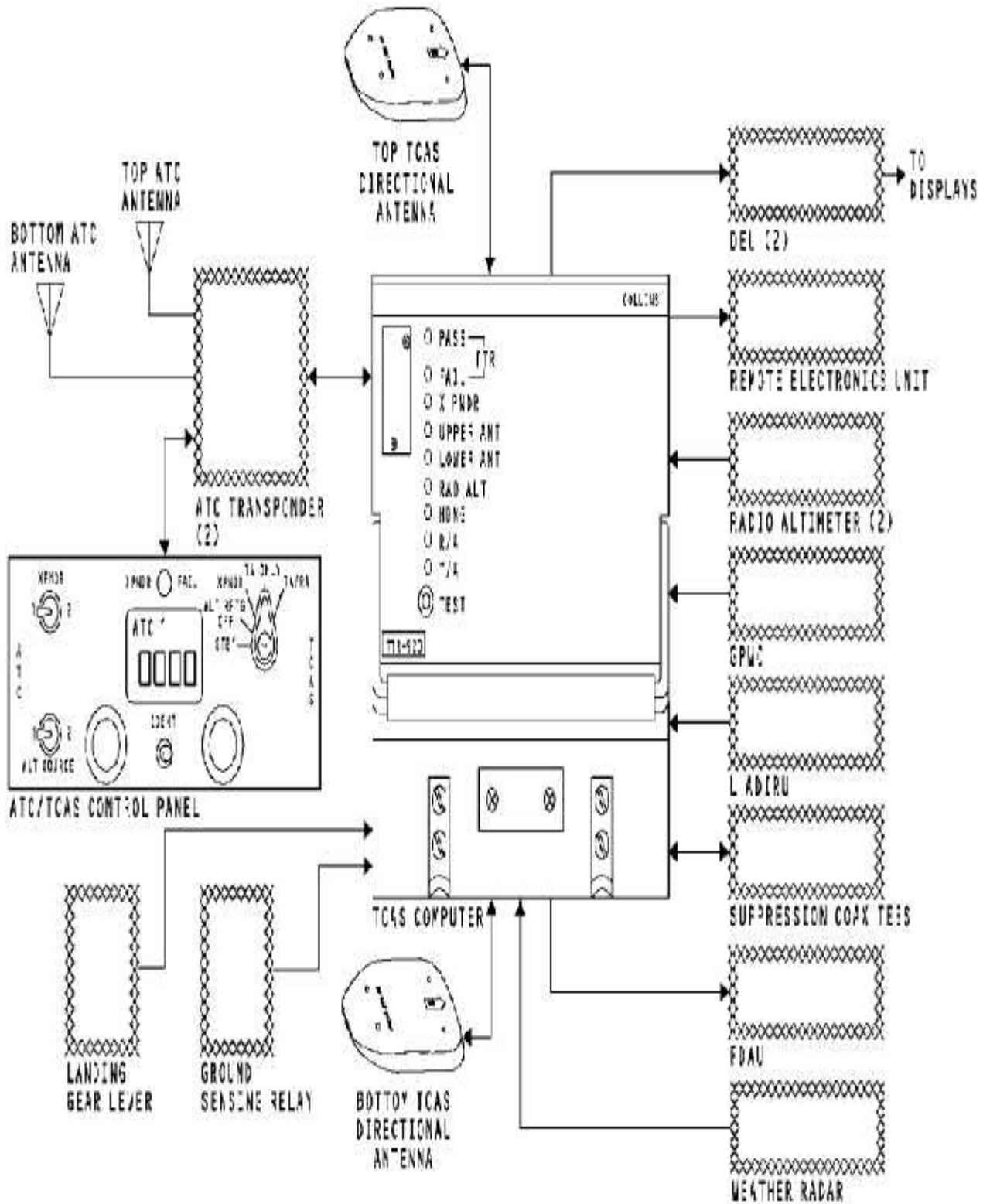


Figure III- 3 : Description du système TCAS

Le TCAS computer est en liaison avec un transpondeur mode S remplissant trois fonctions qui sont :

- réponse aux interrogations des radars secondaires sol du contrôle de la circulation aérienne.
- outil de dialogue avec les intrus équipés de TCAS utilisé pour coordonner les manœuvres d'évitement au moyen des messages qui peuvent être inséré dans les interrogations et réponses des modes s
- outil de détection des intrus équipés de TCAS ou de transpondeurs mode s, ceux-ci émettent spontanément, sans être interrogé, un signal dit (squitter) qui contient le code unique d'identification de l'intrus sur réception d un squitter, le TCAS interroge, sélectivement l'intrus qui a signalé sa présence ; il acquiert ainsi sa distance, son gisement, son altitude (paramètres envoyé dans la réponse)

Les intrus équipés seulement de transpondeurs mode A ou mode C seront détecté au moyen d'un « appel de transpondeur classique » qui sont renouvelé chaque seconde. Tous les transpondeurs mode A ou mode C qui reçoivent cet appel y répondent, et il peut y avoir chevauchement des réponses si les distances de deux ou plusieurs intrus différent entre elle de moins de 1,7NM (3Km environ).le TCAS II peut décoder trois réponses enchevêtrées, pas plus, pour faire mieux, on limite le nombre de transpondeurs répondant à une interrogation par :

- la directivité de l'antenne de l'interrogation
- l'interrogation à puissance croissante

III .2.1 Description de TCAS computer :

Le module TCAS, est la partie centrale du système, il est le cerveau, il prend en charge les fonctions de coordination, générer les interrogations et examine les réponses reçues des intrus afin de déterminer le potentiel de menace et établi si nécessaire des avis de circulation et de résolution.



Figure III.4 : TCAS computer

III .2.2 La boîte de commande ATC/TCAS

La boîte de commande ATC/TCAS commande le TCAS computer par :

- **Switch de choix de fonction :**

Ce switch est pour choisir un de ces modes de TCAS:

- ➔ Mode TA seulement. Ce mode (TA) empêché L'affichage de mode RA.
- ➔ Mode TA/RA. Les affichages montrent toutes les cibles. Ce mode est le fonctionnement normal de TCAS.

Vous pouvez utiliser la touche "test" au centre du commutateur pour faire un test des systèmes ATC et de TCAS.



Figure III.5 : Boîte de commande TCAS /ATC

III.2.3 L'antenne omni directionnelle

Le système TCAS utilise deux antennes directionnelles montées en haut et au bas de l'avion. Chaque antenne utilise pour l'émission et la réception, la majorité de temps, le système est en mode surveillance passive (l'écoute).

L'antenne directionnelle comprend un exposant de quatre gouvernails passif et des éléments de rayonnement montés à 0° , 90° , 180° et 270° dans les rapports des axes de l'antenne.

Les antennes émettent les interrogations au ATCRBS (Air trafic control radar beacon system) et le système TCAS à une fréquence de 1030 Mhz, et durant la réception TCAS chaque des quatre éléments directionnels reçoit tout signal RF présent à 1090 Mhz.

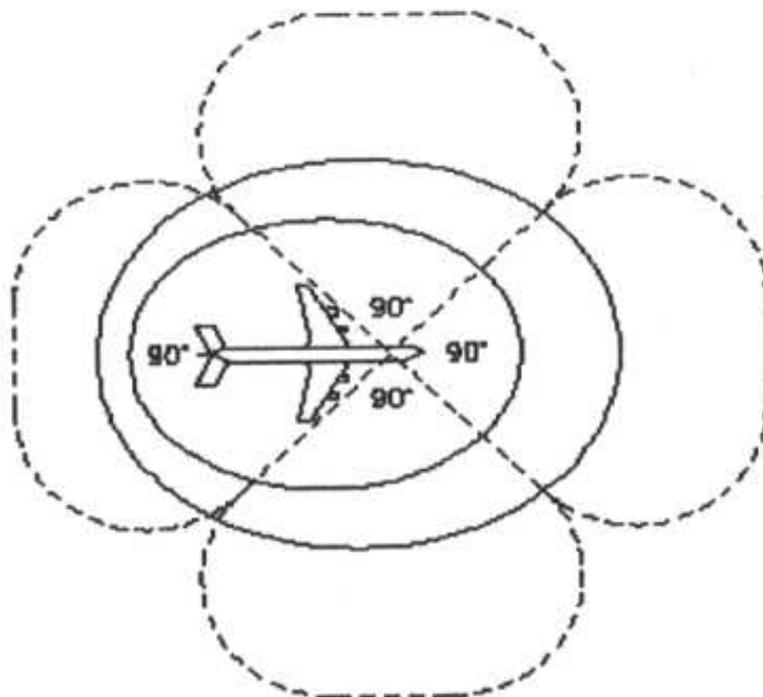


Figure III.5 : Les quadrants d'antenne directionnelle



Figure III.6 : antenne omni directionnelle vu de haut



Figure III.7 : antenne omni directionnelle

III .3 LES INTERFACES DU SYSTEME TCAS

III.3.1 Les interfaces analogues et discrètes

Les composants d interfaces analogues et discrètes de TCAS computer sont :

- switch de levier de commande train.
- PSEU (Proximity switch electronics unit)
- GPWC (Ground proximity warning computer)
- Radar météo
- Té coaxial de suppression DME/ATC/TCAS
- DEU (display electronic unit)
- REU (Remote electronics unit)

a) Switch de Levier de commande Train

Le switch envoie un discret au TCAS pour l'indiquer que les trains d'atterrissage sont sortis, Quand le TCAS obtient ce discret, l'antenne directionnelle inférieure deviennent une antenne omnidirectionnelle.

b) PSEU (Proximity switch electronics unit)

PSEU envoi un discret pour donner l'état de l'avion (air ou sol) au TCAS computer pour :

- annuler le fonctionnement de TCAS au sol
- empêcher le test en vol.
- calculer le nombre tronçon de vol (pour enregistrer l'historique des pannes pour chaque tronçon de vol)

c) GPWC (Ground proximity warning computer)

Le GPWC envoie un discret au TCAS, Ce discret empêche les alertes audio et visuelles de TCAS quand le GPWC fait une alerte.

d) Radar météo

Le TCAS obtient un discret du radar météo pour empêcher toutes les alarmes sonores de TCAS et change le mode RA au mode TA, quand le radar météo détecte un windshear prédictif d'avertissement.

e) Té de Suppression DME/ATC/TCAS

Le TCAS obtient une impulsion de suppression quand un ATC ou un DME transmet.

Et quand le TCAS transmet, il envoie une impulsion de suppression à l'ATC et au DME.

f) DEU (display electronic unit)

Un discret de DEU va au TCAS quand le DEU perd la capacité de montrer des affichages de TCAS.

Quand le TCAS obtient ce discret, il ne fait pas ces fonctions:

- Envoie les sorties d'affichage de TCAS au DEU
- Envoie les orales de TCAS au REU
- Transmet les données de coordination aux avions du trafic avec TCAS

g) REU (Remote electronics unit)

Le TCAS computer envoie des signaux oraux de la résolution Advisory (RA) et le trafic Advisory (TA) à REU (Remote electronics unit).

Le REU amplifie les orales de RA et de TA, et les envoie aux haut-parleurs et les écouteurs d'interphone de vol pour alerter l'équipage.

➤ Les Pins Programme

Les fonctions de pins programme de TCAS computer

- Ne montre pas les avions qui sont sur le sol quand l'avion est en dessous de 1750 pieds
- Altitude maximale
- Niveaux de volume d'alarme sonore
- L'auto-test empêché en vol.
- Mode stand-by au sol.
- L'affichage des intrus au sol désactivé.

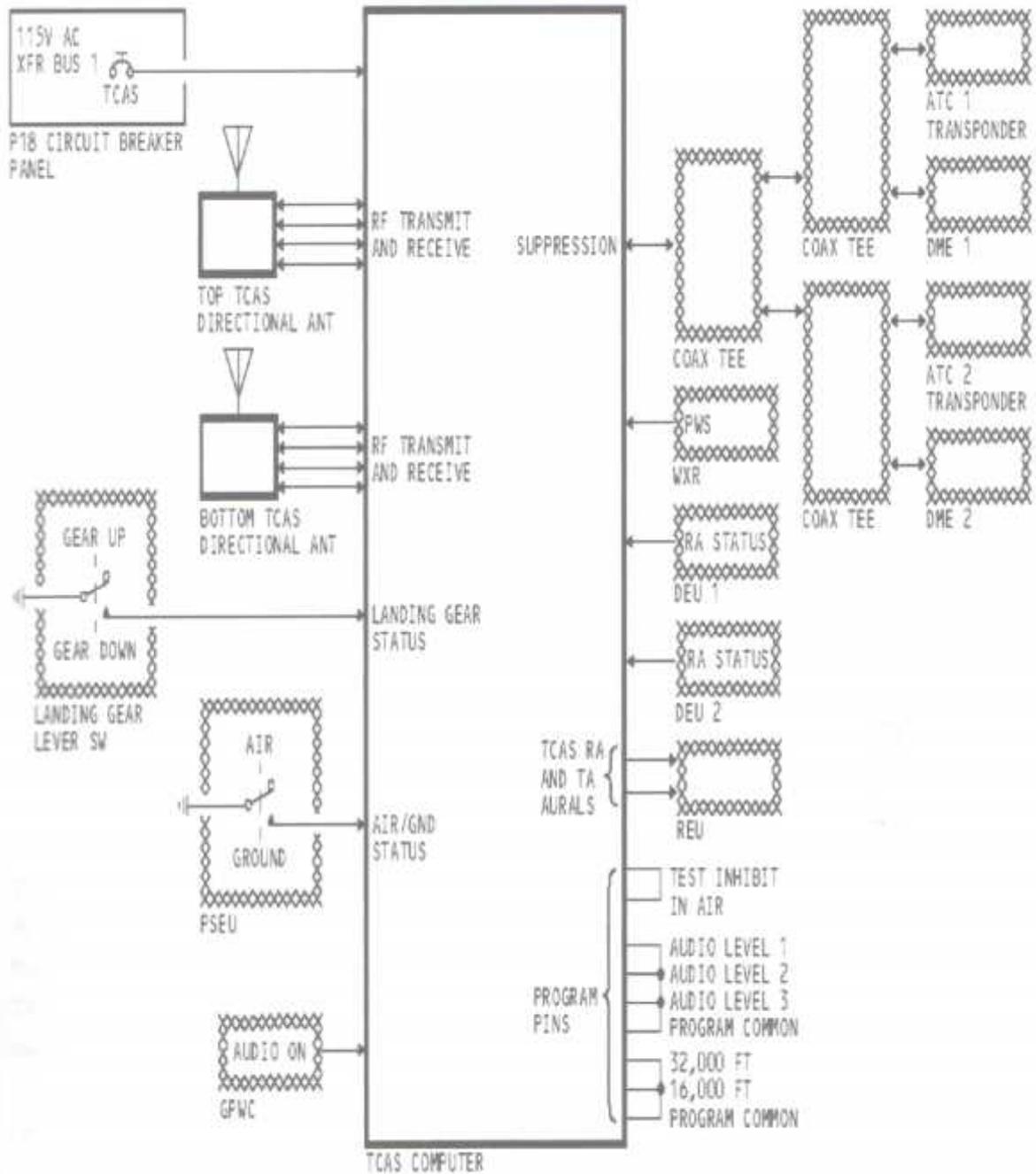


Figure III.8 : les interfaces analogue et discrète du TCAS

III .3.2 Les interfaces numériques du système TCAS voir Figure (III-9)

Le TCAS computer a les interfaces numériques :

- transpondeurs ATC.
- ADIRU.
- radio altimètre.
- DEU (Unité électronique d'affichage).
- FDAU (Unité d'acquisition des données de vol).

a) Transpondeur ATC

Le TCAS computer envoie au transpondeur ATC:

- Statut opérationnel général de TCAS
- Données de coordination du mode S.

Le TCAS computer emploie les données de transpondeur ATC pour calculer le taux de monte ou de descente pour éviter les collisions, qui sont :

- adresse de l'avion 24-bit
- Altitude barométrique
- Vitesse vraie maximum.

b) Radio Altimètre

Le TCAS computer obtient l'altitude par la radio altimètre. Les données employées par le TCAS computer pour calculer quelques niveaux de sensibilité.

À approximativement 1700 pieds, le TCAS computer emploie la radio altitude ainsi que l'altitude barométrique pour déterminer des intrus qui sont sur la terre et donc aucune menace au TCAS, le TCAS computer empêche les résolutions consultatives et le TA seulement montreront sur le ND.

c) ADIRU

L'ADIRU gauche fournit ces entrées au TCAS computer :

- l'inclinaison latérale et longitudinale
- le cap magnétique.

NOTE: le cap magnétique est la seule entrée d'ADIRU employée par TCAS computer.

d) DEU

TCAS computer assure la résolution consultative (RA) et Le trafic consultative (TA) et affichage au DEUs. Ceci inclut tout le trafic donné par TCAS.

e) FDAU

Le FDAU reçoit les mêmes données de TCAS qui vont au DEU.

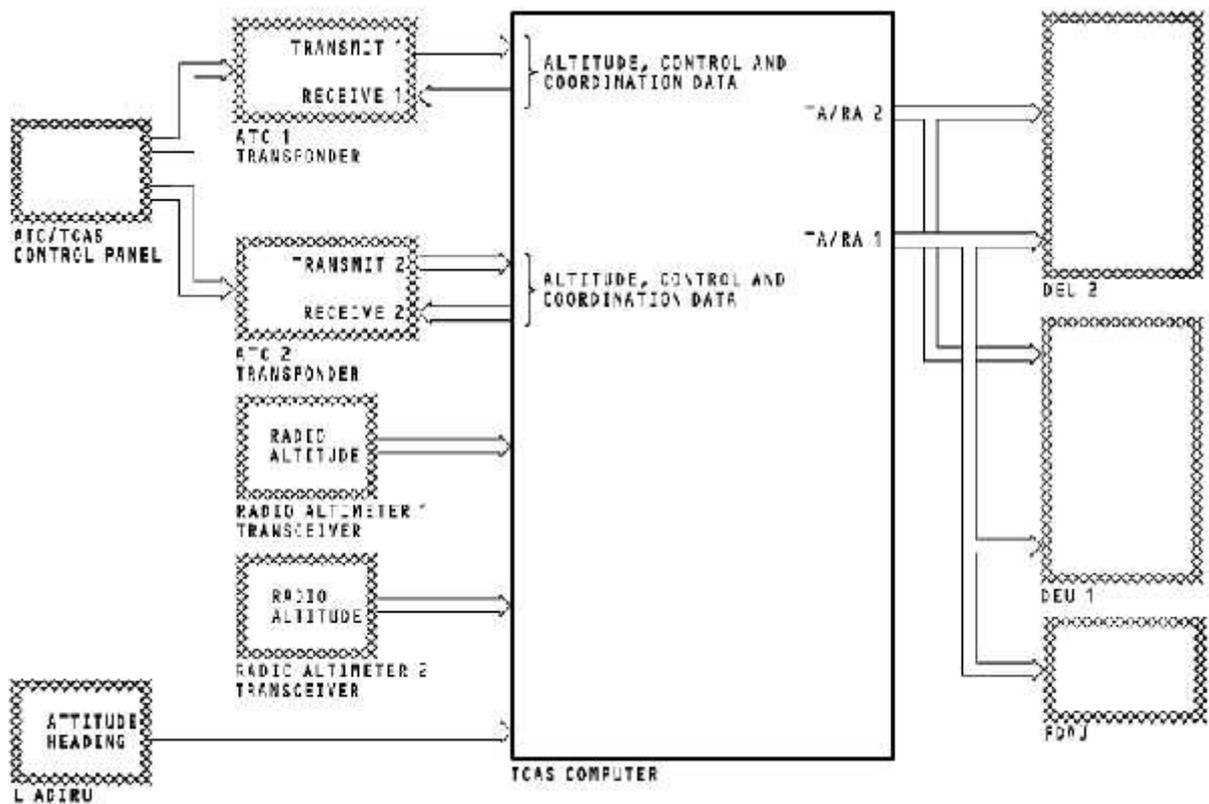


Figure III.9 : les interfaces numériques de TCAS

III.4 ETUDE DESCRIPTIVE DU SYSTEME TCAS

Les données minimales d'entrée qui sont fournis au système TCAS sont :

- code d'adresse de l'avion
- transmission mode S air-sol
- vitesse vraie maximale
- altitude
- l'altitude déterminée par radioaltimètre

Ces données est pour accomplira les fonctions suivantes voir la fig. (III.10) :

- surveillance
- l'avis de circulation (TA)
- détection de menace
- l'avis de résolution (RA)
- coordination
- communication

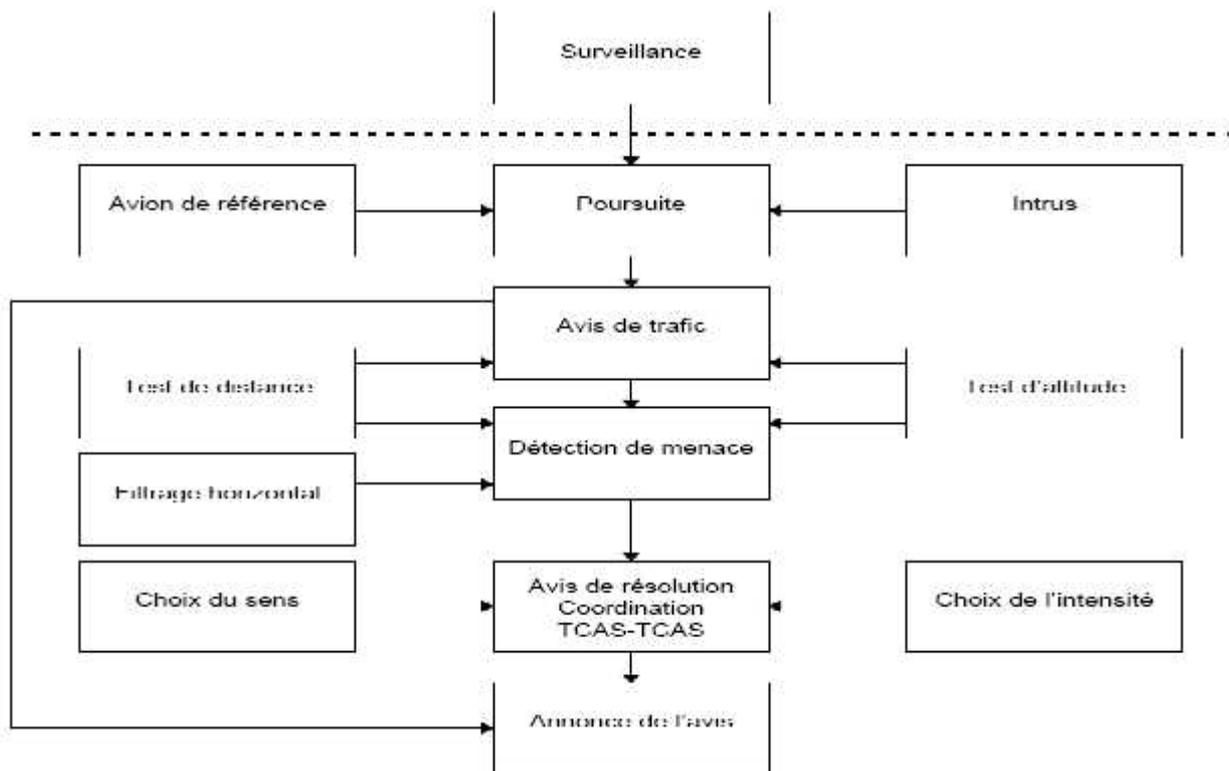


Figure III.10 : Fonctions de la logique TCAS

III .5 SURVEILLANCE DU SYSTEME TCAS

Le système TCAS contrôle constamment d'autres avions à la portée d'une certaine distance de l'avion équipé du système TCAS, en recevant « le squitter » des transpondeurs mode S ou en interrogeant leurs transpondeurs mode A/C. Cette fonction est appelée « la surveillance ».

Les intrus dotés de transpondeur mode A/C ou mode S sont placés dans « la poursuite » par le système TCAS et sont affichés à l'opérateur en association avec les affichages TCAS. La poursuite des interrogations en mode C ou mode S est utilisée pour les gardes dans la position poursuite.

Le système TCAS poursuivrait plus de 145 avions (intrus) mais seulement 30 dont le potentiel de menace affichés est le plus élevé.

Après analyse des informations recueillies par les réponses aux interrogations, le système TCAS classe les intrus par catégorie de menace tel que « Non threat », « proximity ».

« Traffic Advisory », « Resolution Advisory ». Le système TCAS fournit des avis visuels et oraux à l'équipage.

III .5.1 Fonction de surveillance

La fonction de surveillance permet à un avion équipé TCAS d'interroger les transpondeurs Mode S, Mode A/C et Mode A qui se trouvent autour de lui. L'objectif est de déterminer la position relative et l'évolution des aéronefs intrus. Le TCAS peut poursuivre simultanément jusqu'à 30 intrus avec une portée nominale de 14 NM pour les cibles Mode A/C et Mode A et 30 NM pour les cibles Mode S.

III .5.2 Intrus équipés de transpondeur Mode S

La surveillance par le TCAS des avions équipés Mode S s'appuie sur l'adressage sélectif du transpondeur Mode S. Le TCAS écoute les messages spontanés (squitters) émis toutes les secondes par les transpondeurs Mode S. L'adresse individuelle de l'émetteur est contenue dans le squitter.

Suite à la réception d'un squitter, le TCAS envoie une interrogation Mode S à l'adresse Mode S contenue dans le message. Le TCAS détermine la distance, le gisement et l'altitude de l'avion intrus à partir de la réponse fournie.

Le TCAS effectue une poursuite en distance, en gisement et en altitude de tout intrus Mode S. Ces données alimentent la logique d'anti-abordage pour la détermination des avis de trafic et de résolution.

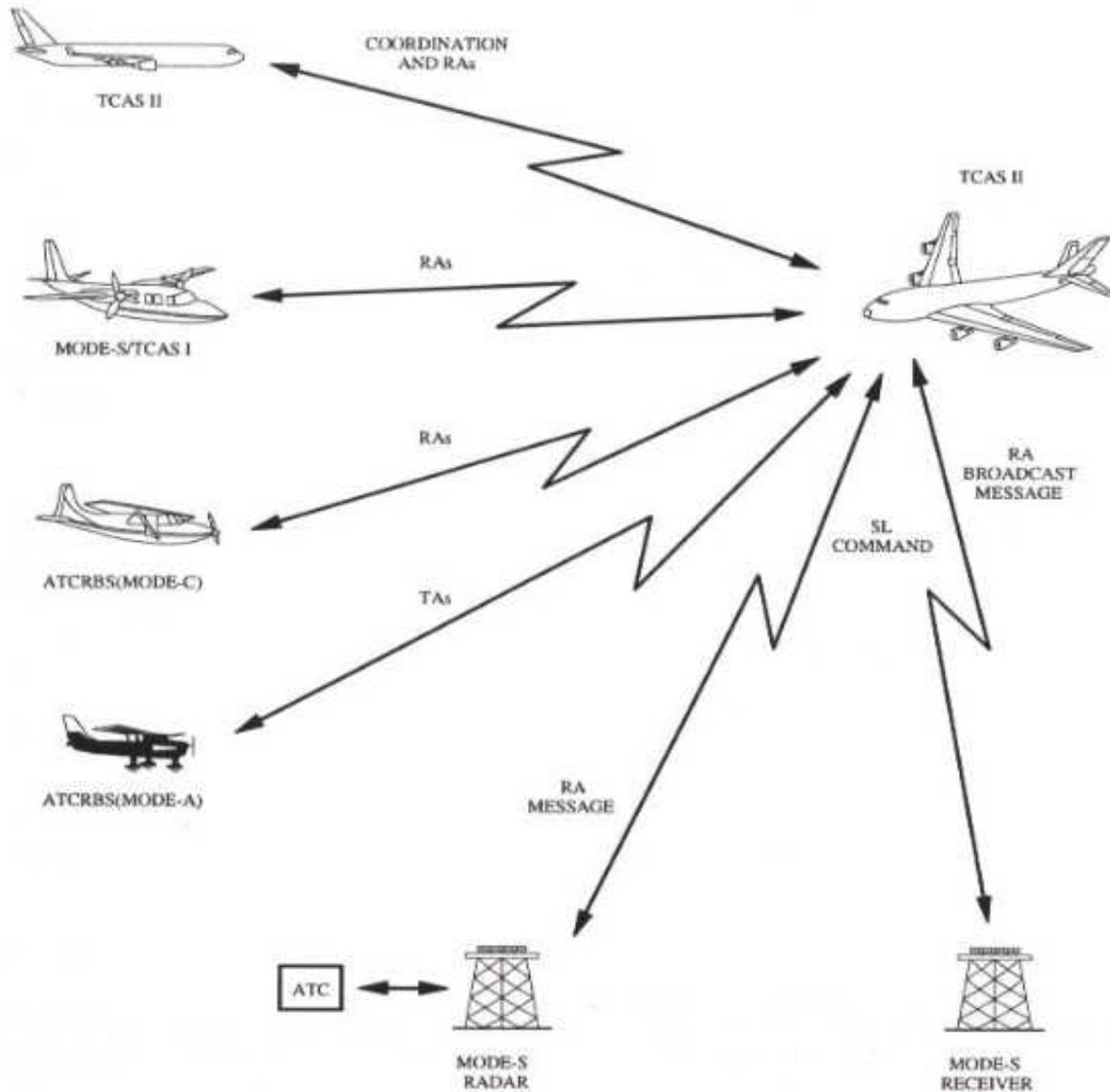


Figure III.11 : la surveillance de système TCAS

III .5.3 Intrus équipés de transpondeur Mode A/C

Le TCAS utilise une interrogation Mode C modifiée pour interroger les transpondeurs Mode A/C. Cette interrogation est connue sous le nom “ d’appel général Mode C seulement ”. Il faut noter que le TCAS ne connaît pas le Mode A des aéronefs intrus.

Les réponses des transpondeurs Mode A/C font l’objet d’une poursuite en distance, en gisement et en altitude. Ces données sont transmises à la logique d’anti-abordage pour la détermination des avis de trafic et de résolution. Les problèmes de chevauchements synchrones et asynchrones ainsi que la réflexion des échos par le sol rendent la surveillance par le TCAS des avions disposant du Mode A/C plus complexe que celle des avions équipés Mode S.

III .5.4 Intrus équipés de transpondeur Mode A

Les transpondeurs Mode A répondent aux “ appels général Mode C seulement ” sans fournir d’information d’altitude. Le TCAS utilise donc les impulsions de synchronisation de la réponse pour initialiser et maintenir une poursuite uniquement en distance et gisement sur ces avions. Ces informations sont transmises à la logique d’anti-abordage pour la détermination et l’affichage des avis de trafic. Elles ne permettent pas l’élaboration d’avis de résolution

III.5.5 Limitation d’interférence

La fonction de surveillance intègre un mécanisme de limitation des interférences électromagnétiques sur la bande 1030/1090 MHz. Chaque unité TCAS est conçue de manière à limiter sa propre transmission. Le TCAS peut compter le nombre d’unités TCAS dans sa couverture grâce à l’émission toutes les huit secondes d’un message “ présence TCAS ” contenant l’adresse Mode S de son émetteur. Lorsque le nombre d’unités TCAS augmente, le nombre et la puissance d’interrogation sont réduits.

De plus, à proximité des zones de trafic dense (pour des altitudes inférieures au FL180), la période d’interrogation nominalement fixée à une seconde passe à cinq secondes pour les intrus considérés comme non menaçants éloignés d’au moins 3 NM et présentant un préavis d’alarme supérieur à 60 secondes. Ce mécanisme est appelé “ surveillance réduite ”.

Ces limitations permettent d’éviter qu’un transpondeur soit trop utilisé par l’activité TCAS et que le TCAS génère un taux de FRUIT trop élevé pour les radars de surveillance. Dans les espaces très denses, il peut en résulter pour l’avion TCAS une portée pouvant être réduite à

5 NM.

III .5.6 TAU (la zone de surveillance)

Le système TCAS n'exécute pas l'évitement de la collision en se basant sur la portée de l'avion intrus à la portée de l'avion TCAS, le concept de l'évitement de collision du système TCAS est basé sur l'expression du TAU qui le rapport de la portée de l'avion intrus sur le taux de la portée.

La meilleure façon de visualiser le TAU, est, d'entourer chaque avion équipé du système TCAS de deux enveloppes en forme d'ellipse, l'une dans l'autre, et de résonner pour ces deux enveloppes de trois espaces dimensionnels comme pour les volumes de temps, ces volumes de temps représentent le plus petit volume de l'espace aérien. Beaucoup de volumes de surveillance

Plus grand définissent les hors limites de capacité de poursuite des intrus par systèmes TCAS pendant que les volumes TAU, les plus petits entourant l'aéronef représente les seuils d'avis de circulation TA et d'avis de résolution RA te qu'ils sont montres dans les différentes figures.

Quand l'aéronef intrus pénètre dans la zone extérieure de limite de TAU (seuil d'avis de circulation TA), une alerte visuelle et vocale d'avis de circulation TA est émis a l'équipage de vol. Lorsque l'avis de circulation TA est émis, il n'y a pas recommandation de manœuvre d'évitement mais l'aéronef intrus devrait être localisé visuellement est suivi.

Quand l'aéronef intrus pénètre dans la zone intérieure de limites de TAU (seuil d'avis de résolution RA) un avis de résolution visuel et vocal est émis, il commande les manœuvres d'évitement verticales ou restreint les manœuvres verticales.

.

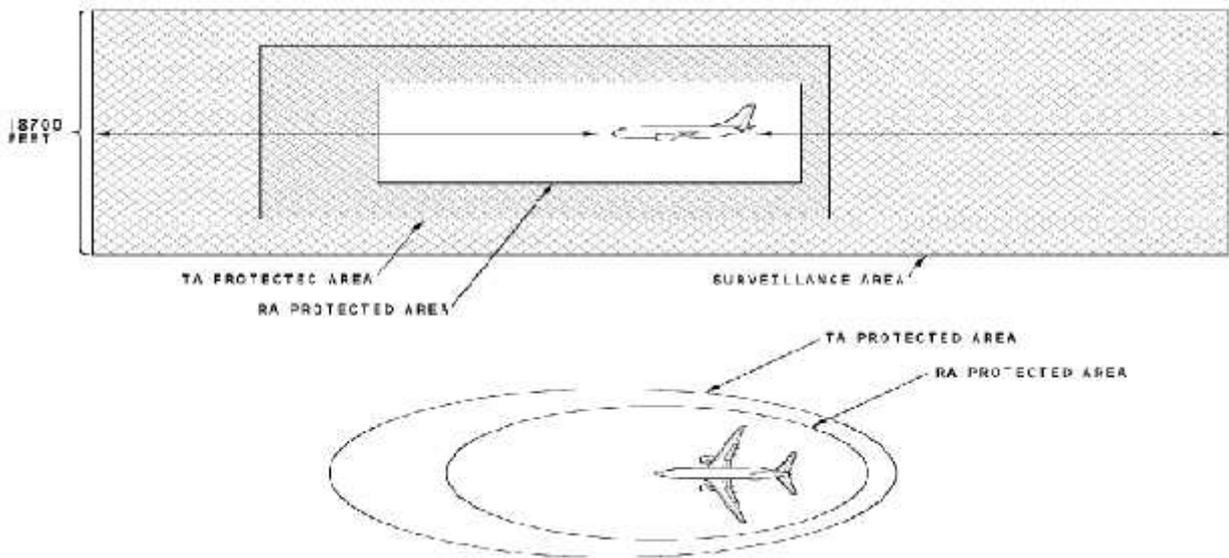
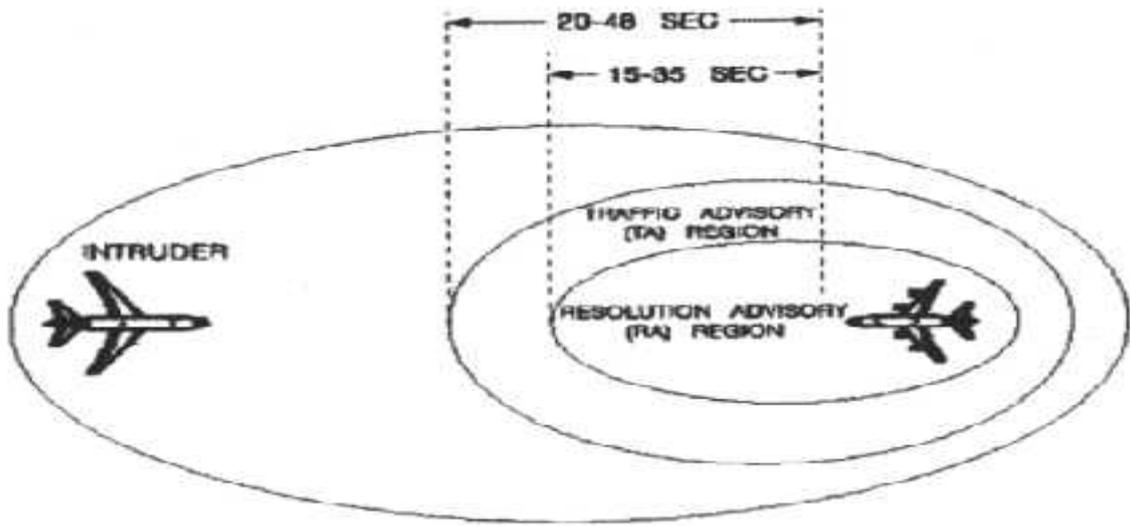


Figure III.12 : limites de TAU

Comme la montre la figure ci-dessus, la zone extérieure représente la portée maximale de poursuite de volume de surveillance. TAU est représenté par les régions d'avis de circulation TA et d'avis de résolution RA cernant l'aéronef TCAS. L'avis de circulation TA est émis pour permettre à l'équipage de vol d'entreprendre les manœuvres d'évitement appropriées en 20 à 48

Seconde. Comme le potentiel de menace de l'aéronef intrus augmente, un avis de résolution RA

Est émis pour permettre à l'équipage d'entreprendre les manœuvres d'évitements appropriées en 15 à 35 seconde.

Parce que l'espace aérien est en trois dimensions, la sélection aéronef au dessus (ABOVE) et au dessous (BELOW) de l'avion doit être prise en considération. Parce que la plus part des aéronefs n'ont pas le même taux de montée et de descente, comme leurs vitesses avancées, l'enveloppe de TAU de l'aéronef au dessus et au dessous tend à être petite.

III .5.8 Volume de surveillance

La zone de couverture d'avion lequel est en mode A/C, ou S est représenté en trois dimensions, ou les intrus qui sont équipés du TCAS peuvent acquérir et poursuivre. Les volumes de surveillance ont des limites mais sont affectés par plusieurs facteurs, tel le niveau d'atténuation du signal, motif de rayonnement de l'antenne et le type d'interrogation.

Les volumes de surveillance TCAS dans le plan horizontal (à définir comme un volume de distance franchissable) sont montrés dans la figure ci-dessous. Dans le mode normale de couverture des surveillances, les volumes de surveillance sont dans des zones qui sont directement devant l'avion qui situe à plus de la distance approximative de 30 NM, ceci est envisageable quand le taux de rapprochement de l'intrus est élevé au maximum.

Les zones de surveillance de chaque face et à l'arrière de l'avion sont courtes, par ce que le taux de rapprochement de l'appareil intrus en ces directions sera considérablement moindre.

Les volumes de surveillance dans le plan verticale sont définis comme des volumes de poursuite d'altitude.

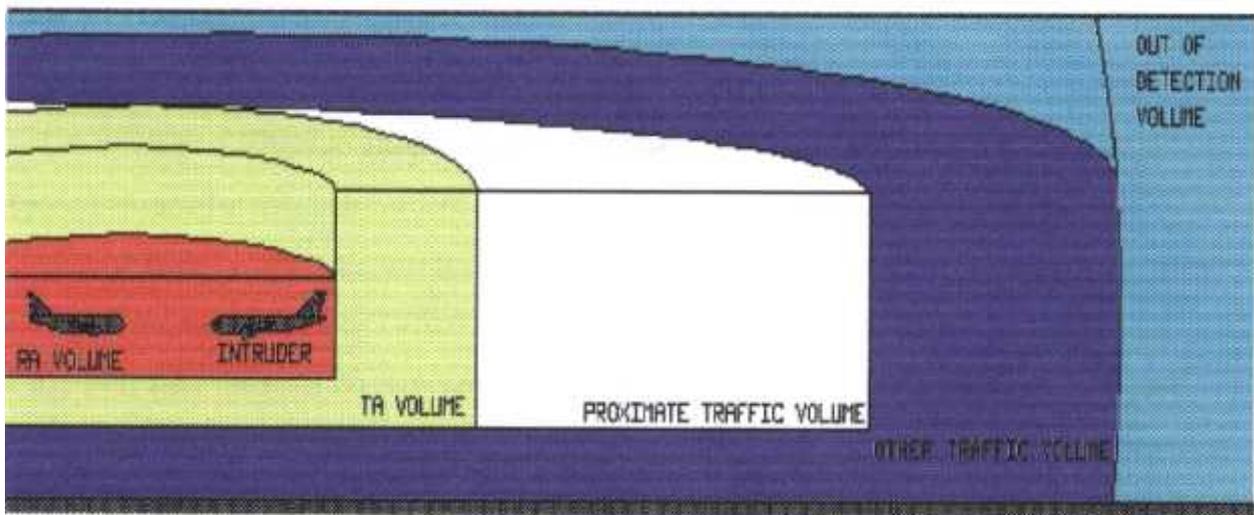


Figure III.13 : les volumes de surveillance

III.6 Les caractéristiques du système TCAS

➤ La portée

Le TCAS définit la portée en mesurant le temps entre l'interrogation initiale et la réponse reçue, le calcul de la portée est définie de la même manière que l'équipement de mesure de distance (DME).

Le rapport de distance des intrus est utilisé seulement pour rehausser les connaissances des situations au pilote.

➤ Le taux de rapprochement

L'évitement de collision est basé sur le TAU. Ce lui ci utilise la portée de la cible et le taux de la portée pour déterminer le taux de rapprochement. TAU représente le temps minimum pour le besoin de l'équipage afin de distinguer la menace de collision et de donner l'avis d'évitement.

➤ **L'évitement**

L'évitement est défini à partir de la phase de transport de relation du signal de réponse du signal dans l'antenne directionnelle du TCAS. Cette phase est calculée à l'intérieure par le processus TCAS. L'évitement n'est pas défini à partir des données contenues dans les réponses du signal et il n'est pas facteur de performance de capacité d'évitement de collision dans le système.

➤ **L'altitude**

Le TCAS lit reportée par le transpondeur mode C de l'intrus et compare l'altitude avec l'avion équipé de TCAS. L'information de l'altitude est utilisée pour déterminer le taux de montée ou le taux de descente basés sur les changements d'altitudes et afficher l'intrus, la flèche déviante indique le mouvement vertical de l'intrus (montée ou descente) à plus de 500 pieds par minute.

III.6.1 Niveau de sensibilité

La logique d'anti-abordage ou logique TCAS (Trafic Collision Avoidance System) est une logique prédictive. Elle repose sur les deux notions fondamentales de niveau de sensibilité et de préavis d'alarme.

Le niveau de sensibilité est fonction de l'altitude et définit le niveau de protection. Le préavis d'alarme repose principalement sur le temps (et non pas la distance) pour atteindre le point de rapprochement maximal ou CPA (Closest Point of Approach). Le préavis d'alarme intègre une protection supplémentaire en distance pour le cas des rapprochements lents.

Un compromis est nécessaire entre la protection que doit fournir la logique d'anti-abordage et les fausses alarmes liées au caractère prédictif de la logique. Cet équilibre est obtenu par la commande du niveau de sensibilité ou SL (Sensitivity Level), qui contrôle les dimensions d'un " volume de protection " théorique autour de chaque avion équipé TCAS. Le niveau de sensibilité est fonction de l'altitude et varie de 1 à 7. Plus ce niveau est grand, plus la protection est grande.

Côté pilote, trois modes de fonctionnement du TCAS sont disponibles : 'STAND-BY', 'TA-ONLY' et 'AUTOMATIC'. La logique convertit ces modes en niveaux de sensibilité :

- Quand le mode 'STAND-BY' est sélectionné par le pilote (SL=1), le TCAS ne transmet pas d'interrogation. Normalement, ce mode est utilisé lorsque l'avion est au sol ou en cas de dysfonctionnement du système.
- En mode 'TA-ONLY' (SL=2), le TCAS remplit la fonction de surveillance. Cependant, seuls les TA sont fournis. Le TCAS n'élabore pas de RA.
- Quand le pilote sélectionne le mode 'AUTOMATIC', le TCAS détermine automatiquement le SL en fonction de l'altitude de l'avion. Le SL niveau 2 est sélectionné

entre 0 et 1000 ft AGL (Above Ground Level) mesurés par le radioaltimètre. Ce niveau correspond au mode 'TA-ONLY'. Du SL niveau 3 au SL niveau 7, les TA et RA sont présentés. Pour déterminer le niveau de sensibilité requis au-dessus de 2600 ft AGL environ, la logique utilise l'altitude par rapport au calage standard (1013,25 hPa) fournie par l'altimètre barométrique.

III.6.2 Préavis d'alarme

Dans l'anti-abordage, la notion la plus importante est le temps pour atteindre le CPA et non la distance à parcourir jusqu'à ce point. Pour exploiter cette idée, la notion de préavis d'alarme ou TAU a été développée. Le TAU est un seuil qui est comparé au temps avant le CPA, calculé en divisant la distance entre les avions par la vitesse de rapprochement. Le TCAS utilise le principe de TAU pour la plupart de ses fonctions d'alerte. Les valeurs de TAU sont fonction du SL.

De manière à éviter qu'un intrus puisse se rapprocher très près en distance sans déclencher de TA ou de RA, les limites de protection provenant du principe de TAU sont modifiées si la vitesse de rapprochement est très faible. Cette modification, appelée DMOD (Distance MODification) Fournit une protection supplémentaire dans le cas de conflit avec une vitesse de rapprochement faible. Les valeurs de DMOD sont également fonction du SL.

Les valeurs de TAU et de DMOD figurent sur le tableau 2. Les valeurs présentées s'appliquent dans un cas général. Toutefois, les valeurs de TAU liées au RA peuvent être réduites pour certains types de géométrie (tels que les stabilisations à 1000 ft) de manière à diminuer le nombre de fausses alarmes.

ALTITUDE	SL	VALEUR DU TAU (S)		VALEUR DE DMOD (NM)	
		TA	RA	TA	RA
0-1000ft	2	20	Pas de RA	0,30	Pas de RA
1000-2350ft	3	25	15	0,33	0,20
2350-FL50	4	30	20	0,48	0,35
FL50-FL100	5	35	25	0,75	0,55
FL100-FL200	6	40	30	1,00	0,80
> FL200	7	48	35	1,30	1,10

Tableau III.1 : Seuils d'alerte en fonction de l'altitude

III.7 LA LOGIQUE DU SYSTEME TCAS

III.7.1 Poursuite

A partir des informations de surveillance (distance oblique, gisement et altitude) fournies chaque seconde (toutes les cinq secondes en cas de "surveillance réduite"), la logique CAS calcule la vitesse de rapprochement de chaque intrus, afin de déterminer le temps en secondes avant le CPA ainsi que la distance horizontale à ce point. Si l'intrus est équipé d'un transpondeur codant l'altitude, la logique CAS prévoit l'altitude de l'intrus au CPA. La vitesse verticale de l'intrus est obtenue en mesurant le temps qui lui est nécessaire pour franchir des tranches d'altitude de 100 ou 25 ft selon le type d'information reçue.

La logique CAS utilise les données d'altitude pression de l'avion de référence, soit directement via le codeur altimétrique, soit via le calculateur de bord. Elle détermine ainsi l'altitude de l'avion, sa vitesse verticale et l'altitude relative de chaque intrus.

Les sorties des algorithmes de poursuite (distance oblique, distance horizontale au CPA, vitesse de rapprochement et altitude relative des intrus) alimentent les algorithmes d'avis de trafic et de détection de menace.

En dessous de 1700 ft AGL, la logique CAS estime la hauteur de l'intrus par rapport au sol en utilisant son altitude pression, son radioaltimètre et l'altitude pression de l'intrus. Comme indiqué sur la figure 7, si cette hauteur est inférieure à 380 ft, le TCAS considère que l'intrus est au sol et ne génère donc pas d'alarmes TA ou RA.

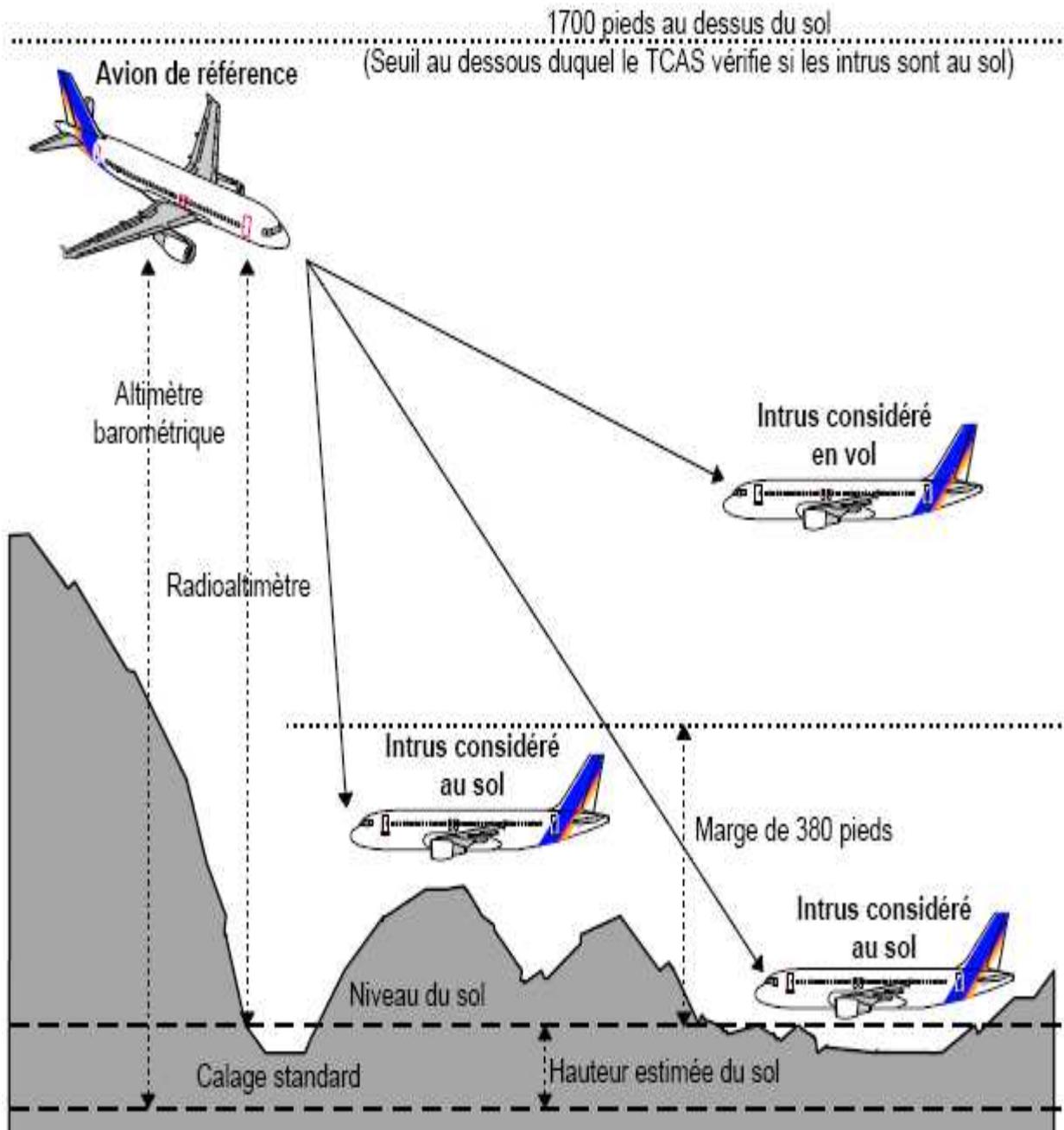


Figure III.14 : Détermination des intrus au sol

III.7.2 Avis de trafic

Le système TCAS émettra des avis de circulation TA (trafic advisory) pour prévenir l'équipement de bord de la présence de menaces possibles. L'avis de circulation TA est généré pour un intrus signalant l'altitude en mode C lorsqu'un test de distance et un test d'altitude sont l'un et l'autre évidents pendant le même cycle de fonctionnement.

Il est recommandé que pendant l'affichage d'avis de circulation ou de résolution, les avions situés à moins de 11KM (6NM) dans le plan horizontal et, si l'altitude est signalé à moins de 370 m (1200 ft) dans le plan vertical, soient également affichés. Ces aéronefs devaient être distingués (à l'aide des symboles ou de couleurs) des menaces et des menaces possibles, qui devraient apparaître plus en évidence à l'affichage.

III.7.3 Détection de menace

Les tests de distance et d'altitude sont exécutés à chaque cycle pour tout intrus reportant son altitude. Tous deux doivent être satisfaits pour qu'un intrus soit déclaré menace. On rappelle que les seuils horizontaux d'alarme ne sont pas basés sur la distance à un instant donné mais sur le temps à venir avant le CPA. Ces valeurs dépendent donc des vitesses et des caps des avions impliqués ainsi que du niveau de sensibilité. Pour un intrus donné, le "volume de protection" théorique autour de l'avion équipé TCAS est en général une sphère tronquée avec un rayon égal à la norme du vecteur vitesse relatif multiplié par le temps TAU. Le volume est également tronqué latéralement par une fonction de filtrage horizontal ou MDF (Miss Distance Filter). Le MDF a pour objet de diminuer le nombre de fausses alarmes pour des géométries où la distance horizontale prévue au CPA est suffisante d'un point de vue anti-abordage. Le filtre est théoriquement efficace pour des valeurs supérieures à deux fois DMOD.

Dans un cas général, pour des géométries de conflit avec une vitesse verticale de rapprochement faible, les seuils verticaux de déclenchement pour les RA varient entre 600 et 800 ft suivant l'altitude de l'avion de référence. Pour une vitesse verticale de rapprochement élevée, un RA est déclenché dès que l'estimation de l'instant où l'intrus et l'avion de référence seront à la même altitude, est inférieure aux valeurs de TAU

(cf. tableau 2). Suivant la géométrie du conflit et la qualité de la poursuite verticale de l'intrus, le RA peut être différé, voire non généré. Aucun RA ne peut être généré pour des avions ne reportant pas leur altitude.

III.7.4 Avis de résolution

Le système TCAS générera un avis de résolution pour toutes les menaces, sauf les cas où il n'est pas possible de sélectionner un avis de résolution dont on peut prévoir qu'il assurera une séparation adéquate, soit à cause de l'incertitude du diagnostic de la trajectoire de vol de l'intrus, soit parce qu'il y a un risque élevé qu'une manœuvre de la menace annulera l'effet de l'avis de résolution.

III.7.4.1 Sélection de l'avis de résolution

Le système TCAS générera l'avis de résolution qui doit, selon les prévisions, assurer une séparation adéquate avec toutes les menaces et qui influencent sur la trajectoire de vol actuelle de l'aéronef.

III.7.4.2 Les types d'avis de résolution

Il existe plusieurs types de génération de d'avis de résolution et qui sont : avis de résolution (RA), avis de résolution à augmentation de taux de variation, avis de résolution à franchissement d'altitude, avis de résolution à limite de vitesse vertical, avis de résolution complémentaire en vigueur, avis de résolution complémentaires (RAC), avis de résolution correctif, avis de résolution inversé, avis de résolution positif, avis de résolution préventif, avis de résolution « vers le bas », avis de résolution « vers le haut ».

III.7.4.3 Efficacité de l'avis de résolution

L'avis de résolution ne commandera ni continuera à recommander une manœuvre ou une restriction de manœuvre qui est plus susceptible, étant donné l'éventail des trajectoires probables de la menace, de réduire la séparation que de l'augmenter, sous réserve des dispositions de maintien de la force de l'avis de résolution et des dispositions de la non modification du sens d'un avis de résolution en vigueur.

III.7.4.4 Limite des avis de résolution

Les manœuvres d'évitement vertical résultant de l'avis de résolution dépendent de la capacité de l'avion à exécuter les manœuvres d'évitement. On prend un exemple, si l'est juste à 500 pieds du sol, il n'est pas pratique de générer un avis de résolution parce que la capacité de génération d'avis de résolution d'avion est limitée à cette altitude. La figure ci-dessous illustre

Les limites d'avis de résolution, l'installation du TCAS peut comprendre les limites de performance d'avion « Hard Wird » basées sur les limitations opérationnelles de la couverture de l'espace aérien nécessaire. L'équipage doit se rappeler de ne pas violer les limites de performance de l'avion dans la réponse d'avis de résolution RA du système TCAS.

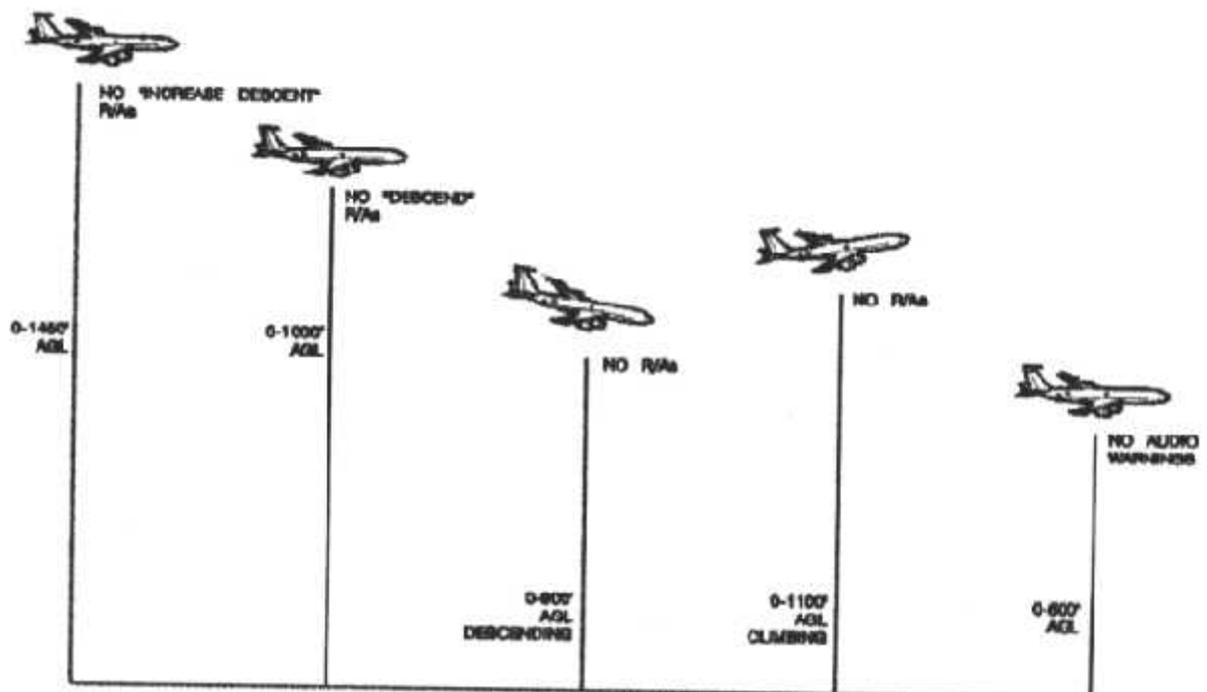


Figure III.15 : limite de RA

III.7.5 Choix de l'avis

Quand une menace est déclarée, le TCAS utilise un processus en deux étapes pour choisir le RA. Dans un premier temps, la logique TCAS sélectionne le sens du RA (évitement vers le haut ou vers le bas). La logique modélise la trajectoire de l'intrus jusqu'au CPA en utilisant les résultats de la poursuite verticale et horizontale. La figure (III. 16) montre les trajectoires qui résultent d'une montée ou d'une descente de l'avion TCAS à 1500 ft/mn en tenant compte d'une réaction standard du pilote (temps de réaction de 5 secondes et accélération

Verticale de 0,25 g). La logique TCAS calcule la distance verticale prévue dans chacun des deux cas et sélectionne le sens qui assure le plus grand espacement vertical : dans l'exemple de la figure (III.16) le sens "vers le bas"

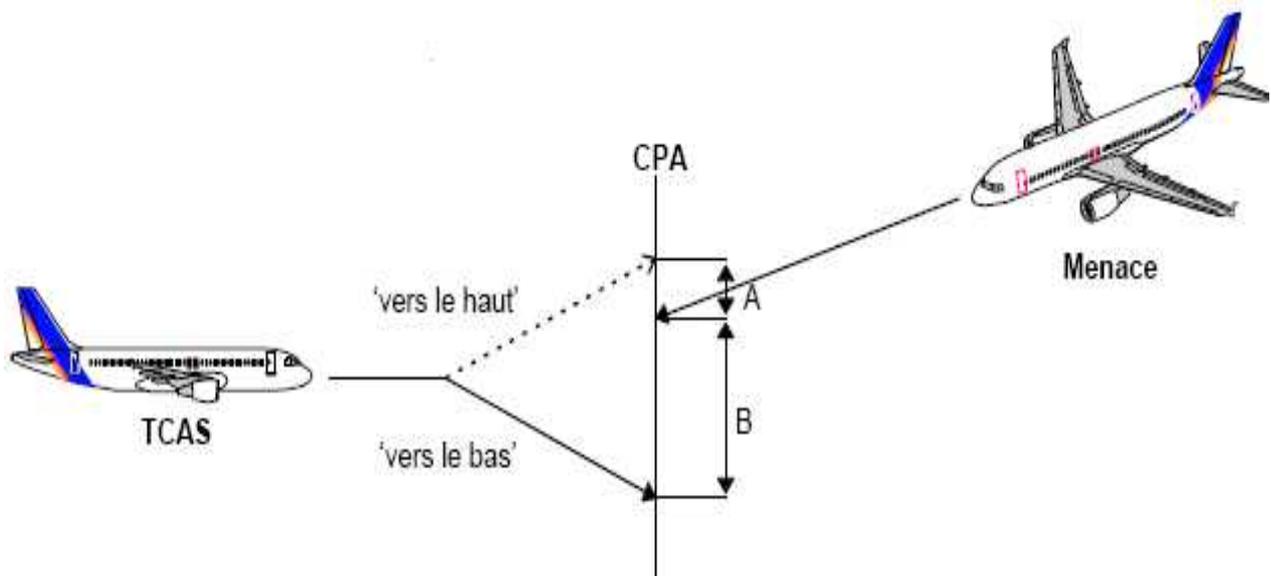


Figure III.16 : Choix du sens du RA

Dans le cas où un croisement vertical est prévu avant le CPA, la logique TCAS sélectionnera le sens qui évite ce croisement pourvu que la distance verticale résultante soit suffisante au CPA. La figure (III.17) illustre ce cas. La distance verticale de sécurité souhaitée connue sous le nom d'ALIM varie de 300 à 600 ft (700 ft au delà du FL 420) en fonction de l'altitude de l'avion de référence. Si ALIM ne peut être assurée, un RA avec croisement d'altitude est choisi. Des mécanismes de retardement visent toutefois à diminuer au maximum le nombre de croisements en altitude.

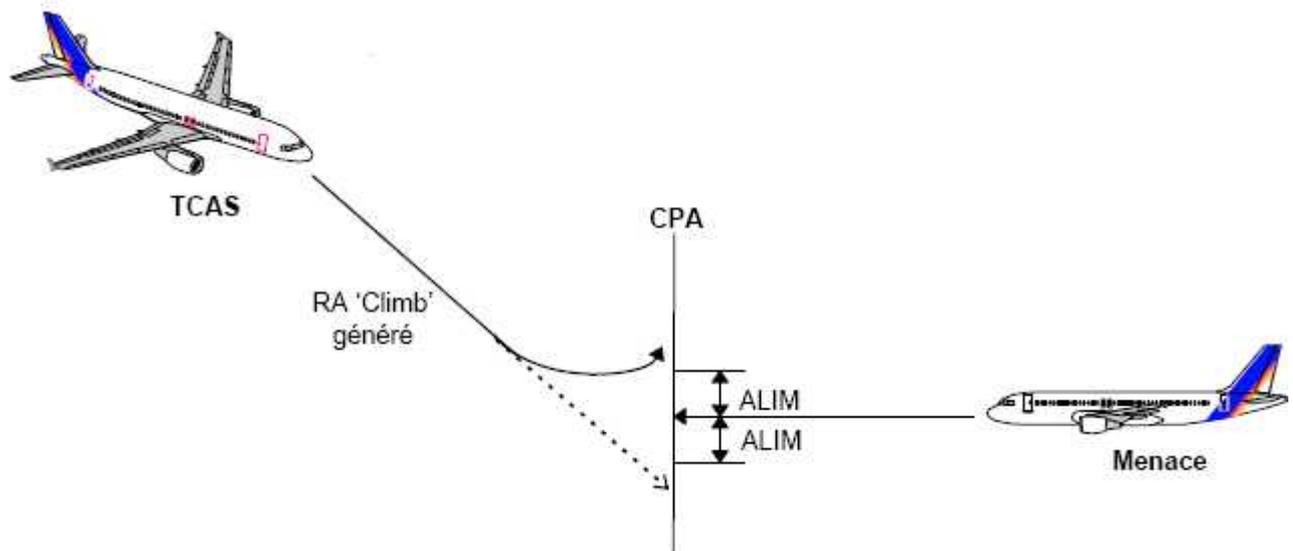


Figure III.17 : RA sans croisement d'altitude

La deuxième étape dans le choix du RA consiste à sélectionner son intensité. La manoeuvre choisie est celle qui perturbe le moins la vitesse verticale de l'avion tout en assurant la distance verticale de sécurité. Des avis ne modifiant pas la vitesse verticale de l'avion (avis préventif) peuvent être générés si les critères d'ALIM sont déjà satisfaits. Les différents avis possibles et les taux de montée/descente associés sont listés dans le tableau 3.

III.7.7 Suivi du RA par la logique

Durant tout le conflit, l'intensité de l'avis est évaluée et peut être modifiée soit par renforcement si le conflit le nécessite, soit par affaiblissement si la menace s'éloigne. L'affaiblissement du RA a pour objet de diminuer la déviation verticale.

Après le choix du RA, il peut arriver que la menace effectue une manoeuvre verticale qui déjoue la solution proposée. L'avion équipé TCAS devra alors : soit accroître son taux de montée-descente de 1500 à 2500 ft/mn, soit inversé le sens de la manoeuvre. Une seule inversion de sens est autorisée au cours d'un même conflit. Des exemples de ces manoeuvres (augmentation du taux ou inversion du sens) sont donnés dans les figures (III.18) et (III.19)

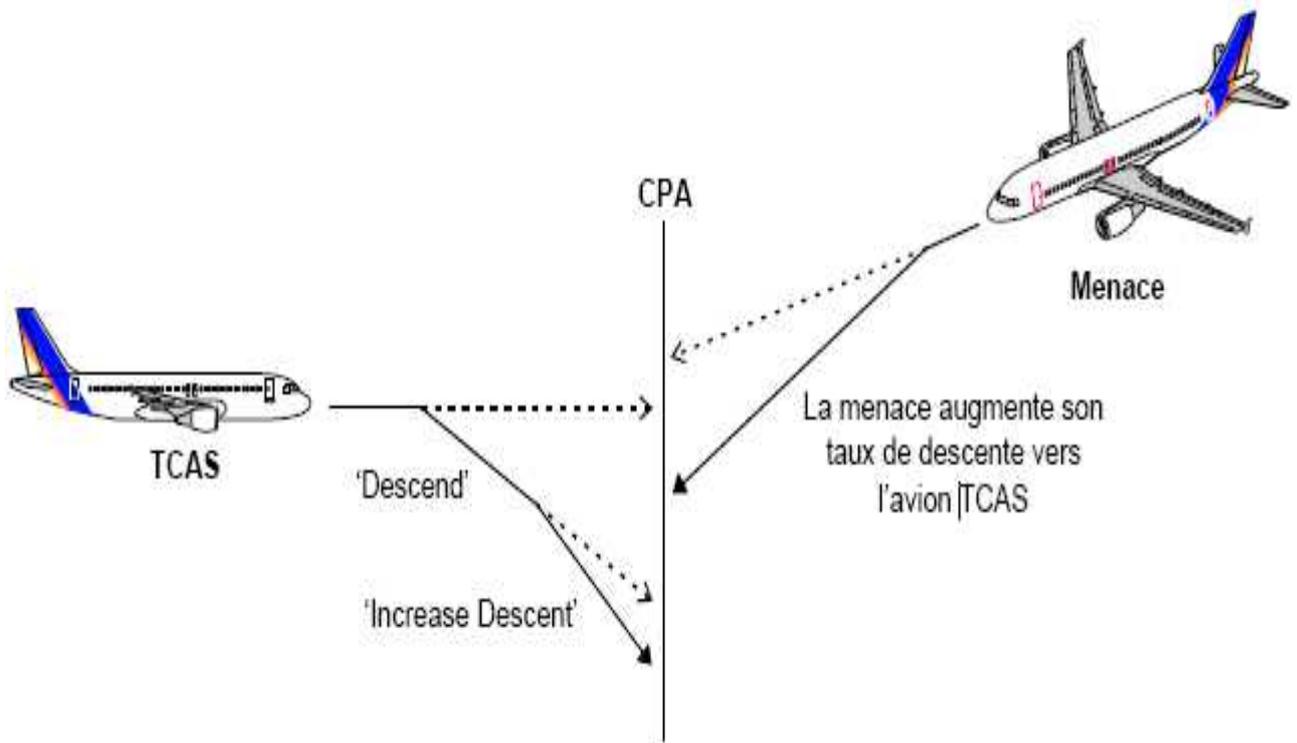


Figure III.18 : RA avec augmentation du taux de descente

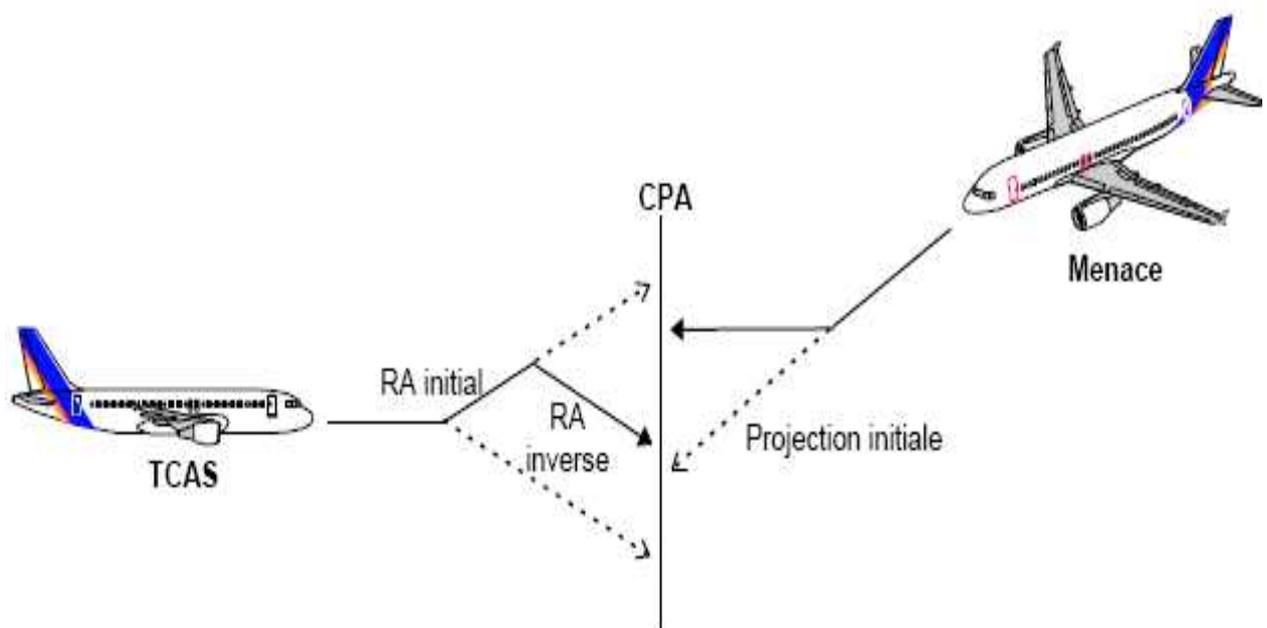


Figure III.19 : RA avec inversion de sens

La logique TCAS peut inhiber les RA 'Climb' ou 'Increase Climb' dans certains cas en raison des limitations de performance de l'avion à haute altitude ou en configuration d'atterrissage. Ces limitations sont connues de la logique qui choisit alors un RA plus adéquat. Les limitations sont fixées au préalable par les autorités de certification en fonction du type d'avion.

Pour tous les types d'avion, les avis 'Increase Descent' sont inhibés en dessous de 1450 ft.

Tous les RA sont inhibés en dessous de 1000 ft.

III.7.8 Logique multi-intrus

Le TCAS est capable de gérer une situation multi-intrus soit en essayant de résoudre la situation avec un RA qui assure seul la distance verticale de sécurité avec chacune des menaces, soit en sélectionnant un RA qui conjugue une restriction à monter et une restriction à descendre.

III.7.9 Fin du RA

Dès que l'intrus n'est plus une menace (lorsque la distance entre l'avion de référence et l'intrus augmente ou lorsque la logique estime que la distance horizontale au CPA sera Suffisante), l'avis de résolution est annulé et une annonce de fin de conflit est faite. Le pilote doit alors retourner à sa clairance initiale.

III.8 LA COORDINATION ET LA COMMUNICATION

III.8.1 La coordination avec les menaces dotées du système TCAS

a) coordination de multiples avions

Dans le cas où de multiples avions sont mis en cause, le système TCAS assurera la coordination avec tous les avions équipés de TCAS.

b) L'interrogation de coordination

Le système TCAS émettra une interrogation de coordination destinée au chacun avion équipé de TCAS, à moins qu'un avis de résolution soit retardée en raison de l'impossibilité de sélectionner le dont on peut prévoir qu'il assurera une séparation adéquate. Le message de

résolution transmis à un aéronef comprendra un avis de résolution complémentaire sélectionné pour cette menace. Si un avis de résolution complémentaire a été reçu de cet aéronef avant que le système TCAS ne sélectionne un avis de résolution complémentaire pour la même menace, l'avis de résolution complémentaire sélectionné sera compatible avec l'avis de résolution complémentaire reçus à moins qu'il ne soit écoulé pas plus de trois cycles depuis la réception de l'avis de résolution complémentaire, que cet avis soit à franchissement d'altitude et que l'adresse d'avion de référence soit d'une valeur inférieure à celle de la menace, auquel le TCAS choisira son avis de résolution de façon indépendante. Si un avis de résolution complémentaire reçus d'une menace équipée du système TCAS est incompatible avec l'avis de résolution complémentaire que le système TCAS de l'aéronef de référence a sélectionné cette menace, le TCAS modifiera l'avis de résolution complémentaire sélectionné de manière qu'il soit compatible avec l'avis de résolution complémentaire reçu si l'adresse d'aéronef de l'aéronef de référence est d'une valeur supérieure à celle de l'adresse de la menace.

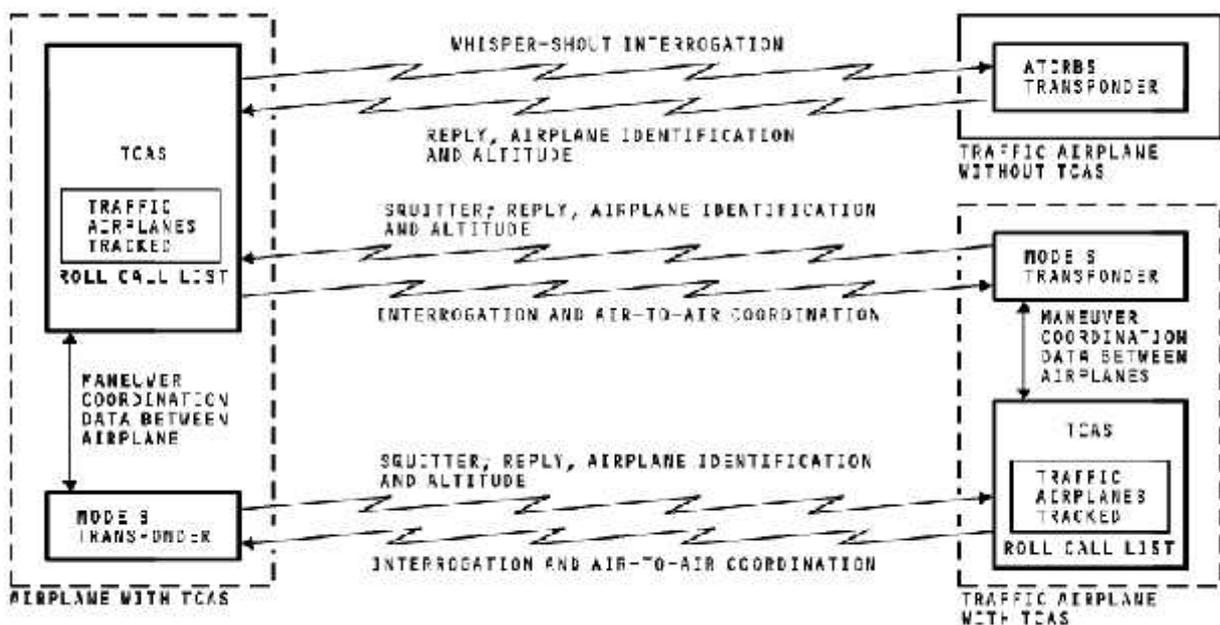


Figure III.20 : la communication et la coordination du système TCAS

III.8.2 calcul de donnée du système TCAS

Quand le TCAS interroge une cible, le signal de réponse de la cible contient habituellement l'altitude d'avion et n'importe quelle information demandée par TCAS.

Le TCAS computer emploie la période aller-retour du signal de réponse pour calculer la distance et le taux de rapprochement de la cible, elle emploie direction de la réponse pour calculer le relèvement de la cible.

Si TCAS computer reçoit des données d'altitude, il calcule ces paramètres :

- Altitude
- Taux d'altitude
- Altitude relative

Le TCAS computer emploie les données de cible pour calculer si la cible est sur une collision possible ou un cours proche de collision avec le son chemin de vol. S'il est, le TCAS computer calcule le trafic donné de manœuvre de coordination. Ces données de position allées aux DEUs pour les affichages de TCAS. Si TCAS conseille cela une manœuvre, il envoie également une commande auditive à l'équipage.

III.8.3 Coordination TCAS-TCAS

Dans un conflit TCAS-TCAS, chaque avion interroge l'autre via la liaison Mode S afin de choisir des avis de résolution complémentaires. Les interrogations de coordination utilisent les mêmes fréquences (1030/1090 MHz) que les interrogations de surveillance et sont transmises au moins une fois par seconde par chaque avion durant toute la durée du RA. Chaque avion transmet donc une interrogation de coordination à l'autre avion tant que celui-ci constitue une menace.

Les interrogations de coordination contiennent des informations sur la manœuvre que l'avion a l'intention d'effectuer vis-à-vis de la menace. Cette information est exprimée sous la forme d'un complément : si un des avions choisit un avis "vers le haut", il transmettra à l'autre avion un message qui restreindra son choix à un avis "vers le bas". Suite à la coordination, chaque unité TCAS choisit indépendamment l'intensité du RA en fonction de la géométrie du conflit.

Dans un conflit TCAS-TCAS, la règle de base est qu'avant de choisir le sens du RA, chaque TCAS doit vérifier qu'il n'a pas déjà reçu une intention de la menace. Si c'est le cas, le TCAS agit conformément à l'attente de l'avion menace. Sinon, le TCAS sélectionne le sens le plus adapté à la géométrie du conflit.

Dans la grande majorité des cas, les deux avions se voient comme menace à des instants légèrement différents. La coordination s'établit donc comme suit : le premier avion choisit le sens du RA d'après la géométrie du conflit et transmet son intention, le second avion choisit alors le sens opposé et confirme son intention complémentaire. Toute fois, il peut arriver que les deux avions se voient simultanément comme menace et choisissent tous les deux le sens du RA en fonction de la géométrie. Dans ce cas, il existe une probabilité pour que les deux avions sélectionnent le même sens. Si cela se produit, l'avion avec l'adresse mode S la plus élevée détecte l'incompatibilité et inverse son choix.

III.8.4 Coordination air-air

L'interrogation de coordination : lorsque le système TCAS déclare menaçant un intrus doté même système, des interrogations sont envoyées via la liaison (en mode S) en vue de la coordination des avis de résolution, ces interrogations qui contiennent des messages de résolution, même la réponse de coordination de la menace contient, le message de résolution.

III.8.4 Communication avec les stations sol

Le TCAS peut utiliser la liaison de données Mode S pour transmettre des comptes-rendus de RA aux stations sol Mode S. De plus, durant un RA, le TCAS génère toutes les huit secondes une émission spontanée contenant des informations relatives à l'avis en cours.

A chaque fois qu'il y a un avis de résolution, le transpondeur mode S du système TCAS transmet un compte rendu d'avis de résolution à la station sol mode S, et cela en émettant des transmissions descendantes d'avis de résolution TCAS déclenchées à bord. Le transpondeur positionne alors un drapeau indiquant qu'un message attend d'être transmis au sol.

Cela permet de suivre au sol les activités en matière d'avis de résolution du système TCAS au moyen de récepteur spéciaux d'avis de résolution, la ou il n'y a pas de station sol mode S. les diffusion d'avis de résolution sont notamment destinées à des installations au sol mais elles sont définies comme étant des transmissions montantes.

III.8.6 Réaction de système TCAS en cas de défaillance

Le système TCAS accompli constamment une fonction de contrôle, et on cas de défaillance, le système TCAS réagi comme suit :

- il indique à l'équipage que la situation est normale
- il empêche toute autre interrogation par le système TCAS
- toute émission mode S signalant l'avis de résolution, le système TCAS indique qu'il fonction pas.

III.9 OPERATION DU SYSTEME TCAS II

III.9.1 Présentation en cockpit

Le système de visualisation des avis de trafic a pour but de permettre à l'équipage d'acquies visuellement l'intrus, de le différencier des autres trafics en fournissant la position horizontale (distance et gisement) et verticale des avions environnants équipés de transpondeur

III.9.2 L'affichage des symboles

Le TCAS affiche 04 symboles différents du trafic pour l'animation et la génération des avis de circulations et des avis de résolution. Les différents symboles représentent : « other trafic, autre circulation », « proximate trafic, circulation approximative », « trafic advisory (TA), avis de circulation », et « resolution advisory (RA), avis de résolution », tous les intrus, autres, approximatifs, TA et RA sont affichés sur l'EFIS

Les types des symboles sélectionnés par le TCAS sont basés essentiellement sur la position et le taux de rapprochement des intrus. Ils changent de forme et de couleur afin de représenter les différents niveaux de menaces

Les symboles de circulation peuvent également avoir en association d'une étiquette ou est affichée l'altitude (l'altitude relative) exprimée en centaines de pieds, elle indique soit l'intrus en montée, son niveau de vol ou l'intrus en descente.

- un **losange creux bleu ou blanc** pour un intrus non menaçant (autre trafic)
- un **disque ambre** pour un intrus ayant déclenché un avis de trafic (trafic intrus)
- un **carré rouge** pour un intrus ayant déclenché un avis de résolution (menace).

A+ : sont des signes et des chiffres qui se positionnent sur les symboles et signifient que l'intrus est au dessus de l'avion TCAS.

A- : sont des signes et des chiffres qui se positionnent sur les symboles et qui signifient que l'intrus est au dessous de l'avion.

Les trafics proches (moins de 6 NM et moins de 1200 pieds de l'avion de référence) sont différenciés des autres trafics par un **losange plein bleu ou blanc** afin d'éviter une mauvaise acquisition visuelle en cas d'alerte : en effet, le trafic le plus proche n'est pas forcément le plus menaçant.

Chaque symbole est affiché sur l'écran selon sa position relative par rapport à la représentation de l'avion de référence; la précision d'affichage dépend de l'échelle utilisée, elle est de l'ordre du mille nautique en distance et d'environ 10 degrés en gisement pour une échelle de 10 NM. Des informations verticales accompagnent le symbole lorsque l'intrus transpond en Mode C : l'écart vertical en centaines de pieds est affiché au dessus du symbole si l'intrus correspondant est au dessus de l'avion de référence, et au dessous dans le cas contraire; dans certains avions il est possible d'afficher directement le niveau de vol de l'intrus. Une flèche de tendance est représentée lorsque l'intrus évolue à plus de 600 pieds par minute.

III.9.3 Instrumentation classique

La visualisation des avis de trafic, des avis de résolution et des informations de trafic en général est présentée sur un écran à cristaux liquides incluant l'indicateur de vitesse verticale IVSI (Instantaneous Vertical Speed Indicator). L'avion de référence est représenté par une Maquette autour de laquelle des points ou des traits marquent un cercle de 2 NM de rayon. L'échelle d'affichage peut varier de 6 à 30 NM en avant de l'avion de référence.

Un avis de résolution est représenté par un arc rouge indiquant la plage de vitesses verticales à éviter. Un arc vert jouxtant l'arc rouge incite le pilote à manoeuvrer pour atteindre la vitesse verticale requise tout en limitant sa déviation en altitude.

Notons que s'il y a plus d'une menace, il peut y avoir deux arcs rouges encadrant la plage de vitesses verticales requises.

III.9.4 Description des opérations du système TCAS

Le système TCAS II est :

- Compatible avec le système ATC
- déterminer la présence des menaces existantes
- fournit des affichages visuels et des annonces audio pour l'équipage
- Coordonner des manoeuvres de deux ou plusieurs avions équipé de TCAS par la communication des transpondeurs mode S entre les avions



Figure III.21 : affichage des symboles du TCAS II

III.9.5 la boîte de commande EFIS (Electronic flight information système)

D'une façon générale, sur un EFIS (Electronic Flight Information System), les informations visuelles sont partagées entre le PFD (Primary Flight Display) pour les avis de résolution, et le ND (Navigation Display) pour les informations de trafic. Pour le PFD, deux conceptions existent:

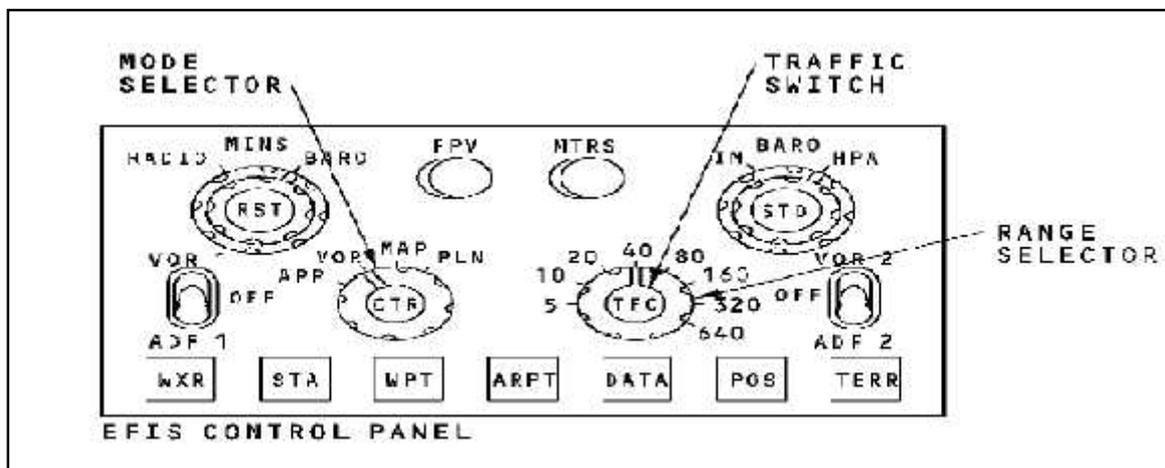


Figure III.22 : la boîte de commande EFIS

➤ **affichage sur l'horizon artificiel**

Un avis de résolution est matérialisé par une zone hachurée de couleur orange ou rouge représentant les valeurs d'assiette à éviter. La signification est directe pour le pilote : action sur le manche ; cette visualisation ne présente pas de zone verte.

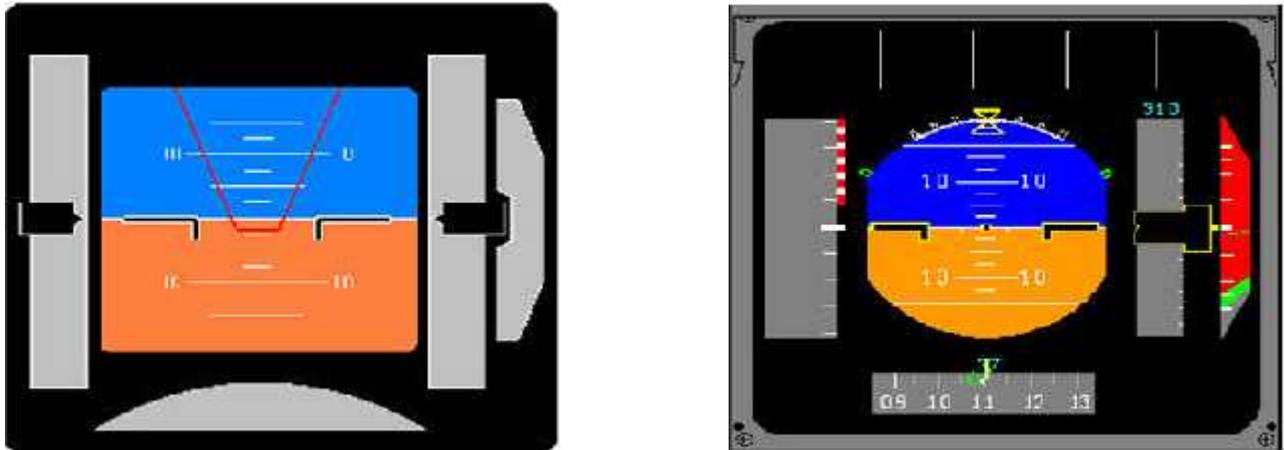


Figure III.23 : PFD avec l'avis de résolution sur l'horizon artificiel (à gauche) et sur l'échelle de Vitesses verticales (à droite).

➤ **affichage sur l'indicateur de vitesse verticale ”**

L'avis de résolution est matérialisé comme en instrumentation classique : une zone rouge marque la plage de vitesses verticales à éviter, une zone verte incite le pilote à manoeuvrer pour atteindre la vitesse verticale requise tout en limitant la déviation.

Lorsque le segment de couleur rouge s'illumine, il indique le taux de vitesse vertical à éviter et lorsque le segment de couleur verte s'illumine, il indique une commande de vitesse verticale qui est «FLY TO» (voler jusqu'à). Les symboles standard des intrus TCAS sont affichés pour indiquer les risques de menace. Les textes des messages sont affichés pour monter les modes TCAS y compris les défaillances TCAS.

Pour montrer les données de TCAS sur l'affichage, en mettre le sélecteur de mode de boîte de commande EFIS dans un de ces modes :

- ➔ approche augmenté
- ➔ VOR augmentée
- ➔ Carte augmentée
- ➔ Carte centrée

Le sélecteur de range choisit la gamme pour le ND

Disque en poussant le passage de TFC (le trafic) sur le sélecteur de range . quand ceci est faite, le message de TFC et les symboles de TCAS toute les cibles montrent sur l'affichage .

Si le sélecteur de fonction sur la boite de commande ATC/TCAS n'est pas dans le TA ou la position de TA/RA, l'affichage fait ceci :

- L'affichage d'un message ambre, TCAS OOF (dans tous les modes de ND)
- Enlève tous les symboles de TCAS.

Pour enlever les messages et des symboles de TCAS de l'affichage, pousse le commutateur de TFC encore.

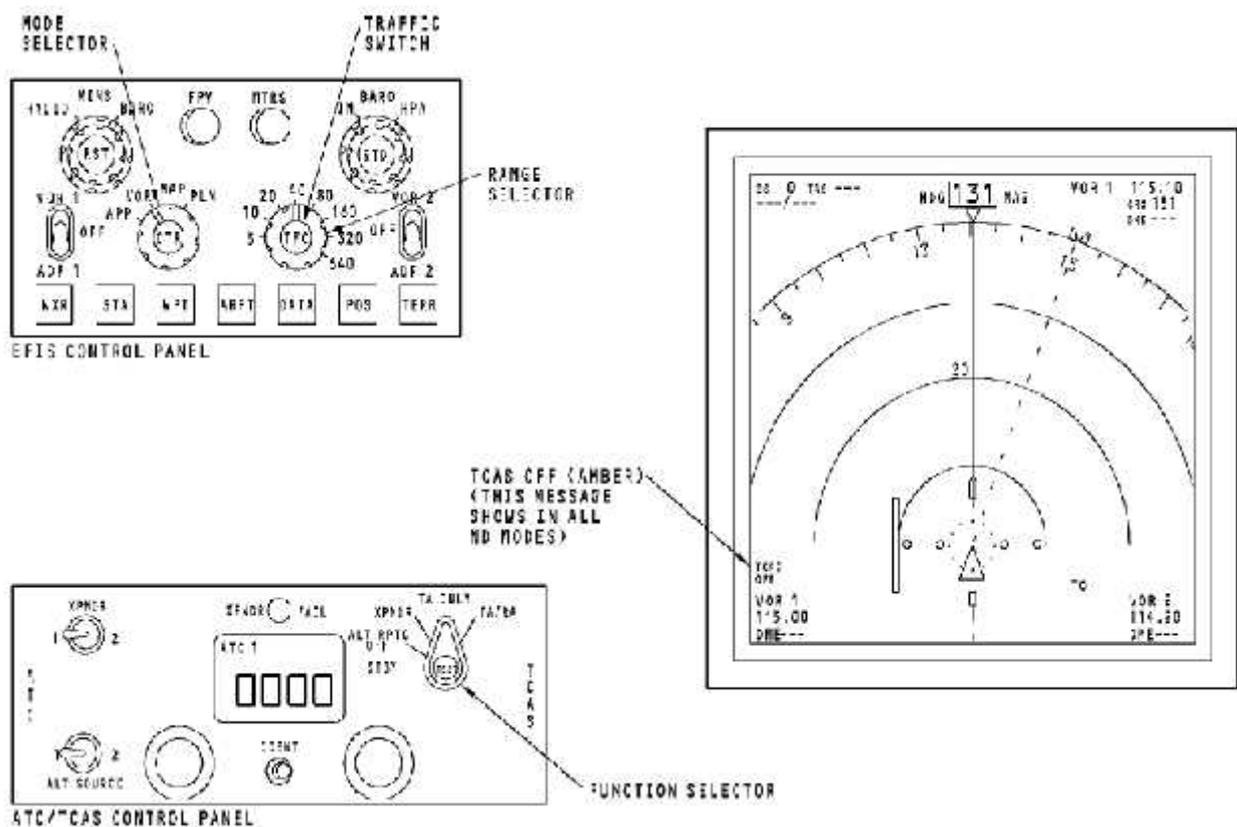
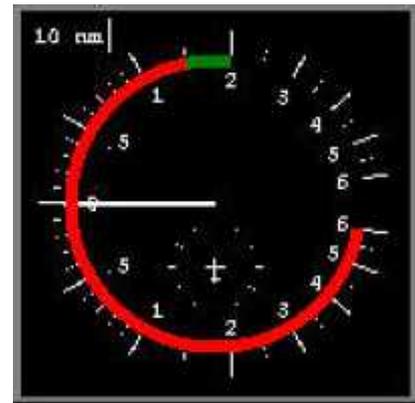


Figure III.24 : commande et affichage de trafic sur le ND

→ Affichage des différents avis de résolution sur le «VSI»



Descend



Climb

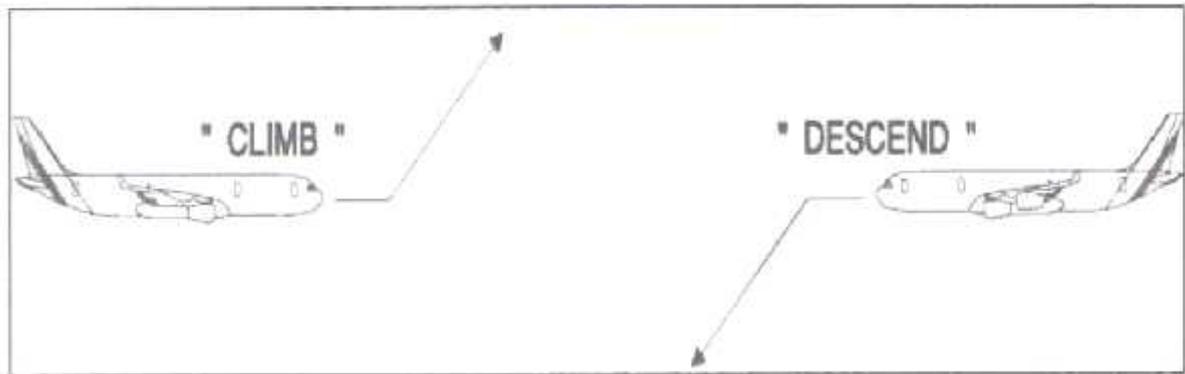


Figure III.25 : avis de résolution «DESCEND-CLIMB»



Ajust vertical speed
(Avis faiblissant)



Increase climb
(Avis se renforçant)



Maintain climb



Ajust vertical speed
(Réduire taux de descente)



Ajust vertical speed
(Avis multi-antrus)



Monitor vertical speed

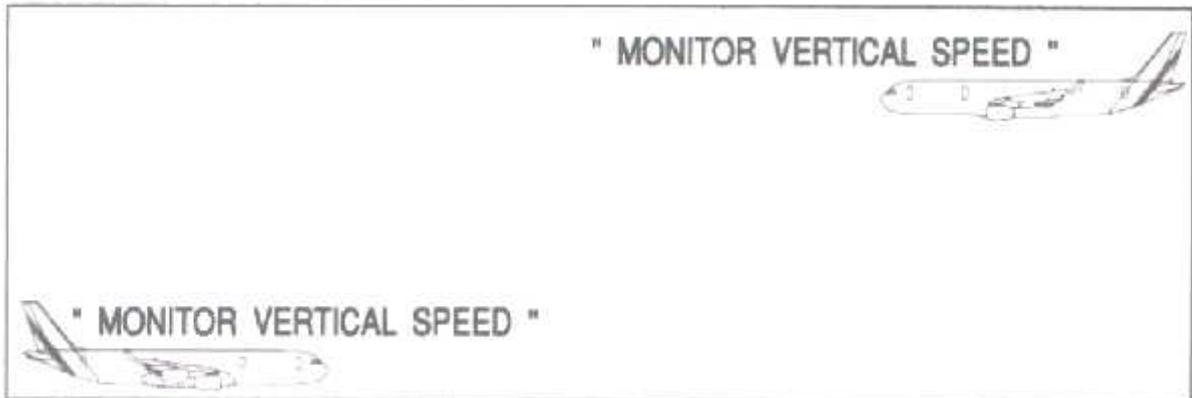


Figure III.26 : avis de résolution «monitor vertical speed»

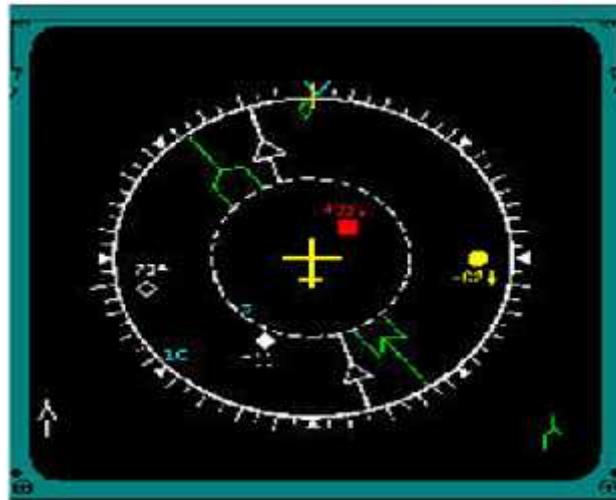


Figure III.27 EFIS : informations de trafic sur le ND en mode ROSE

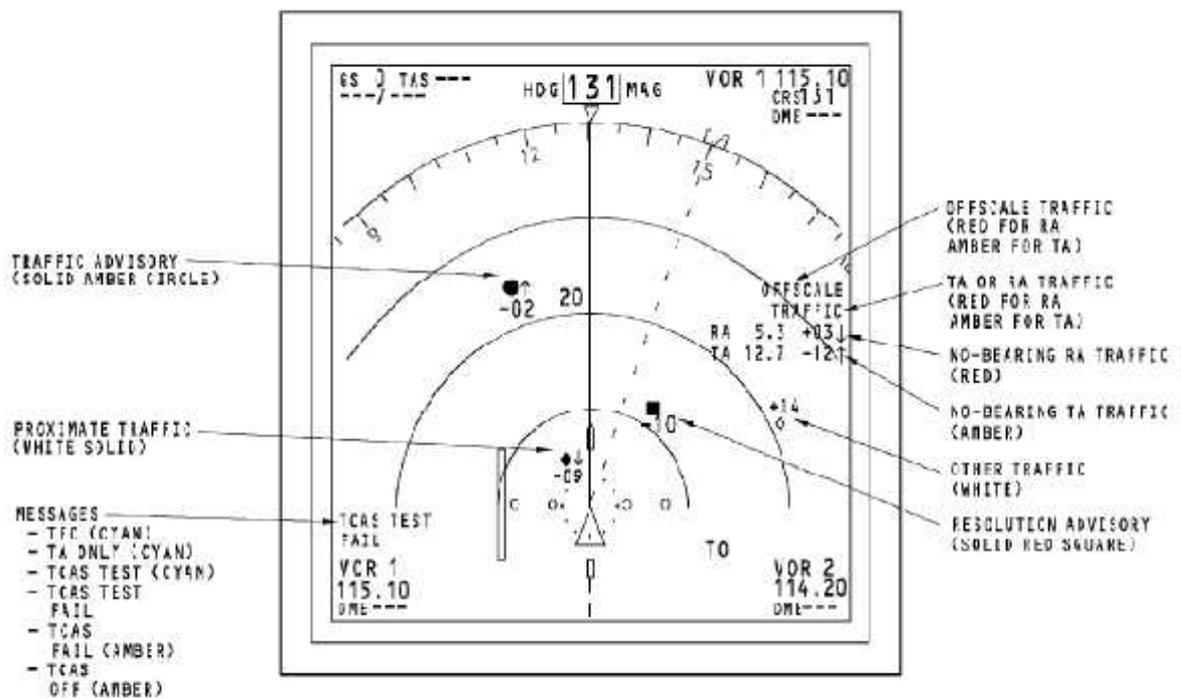


Figure III.28 : toutes les informations sur le ND en mode demi rose

III.10 LES MESSAGES DU SYSTEME TCAS

Des hauts parleurs situés dans le poste de pilotage permettent d'alerter l'équipage lors d'un avis TCAS laide d'alarme vocales.ces dernière sont détaillées dans le tableau ci-dessous en fonction du type d'avis : avis de trafic (TA) ou avis de résolution (RA)

Les messages consultatifs auditifs se produisent pendant ces états :

1. Consultation du trafic (TA)
2. Consultation de résolution (RA)
3. Test de système TCAS

III.10.1 Auditif consultatif du trafic

Quand un trafic consultatif se produit, le TRAFIC de message auditif le TRAFIC avance. Ce message indique l'équipage à surveille l'affichage pour le trafic d'intrus

III.10.2 résolution consultative

Ce sont les deux types de messages auditifs qui peuvent avancer pendant une résolution consultative (RA) :

1. RA d'action préventive
2. RA de modalité de reprise

III.10.3 RA d'action préventive

Ce type de RA produit quand l'intrus est dans le point plus proche de système TCAS a comme conséquence une altitude sure séparation de l'avion de menace .ce message indique a l'équipage pour faire ces manœuvres :

-  Maintien le chemin de vol
-  Ne vol pas dans le dans le secteur du symbole de lancement de RA sur le ADI
-  Ne pilote pas les vitesses verticales qui sont allumées dans les secteurs rouges de bande le VSI
-  Maintien le taux vertical de vitesse

III.10.4 RA de Modalité de reprise :

Ce type de RA se produit quand la séparation d'altitude au CPA n'est pas sûre. Ces advisories auditifs de RA indiquent l'équipage de vol à la prise modalité de reprise pour éviter une collision possible:

-  ÉLEVER - ÉLEVER - ÉLEVER. L'équipage de vol doit s'élever à un taux pour éviter la mesure préventive vers le haut de consultatif.



- ✚ ÉLEVER CROISEMENT- ÉLEVER CROISSEMENT. L'équipage de vol doit s'élever à un taux pour éviter la mesure préventive vers le haut consultatif. Le chemin *de vol croise par le chemin de vol de la menace*.
- ✚ RÉDUISEZ L'ÉLEVER - RÉDUISEZ L'ÉLEVER. L'équipage de vol doit réduire le taux d'élever pour éviter la mesure préventive vers le bas consultatif.
- ✚ DESCENDEZ - DESCENDEZ - DESCENDENT. L'équipage de vol doit descendre à un taux pour éviter la mesure préventive vers le bas consultatif.
- ✚ DESCENDEZ LE CROISEMENT DESCENDENT - DESCENDEZ LE CROISEMENT DESCENDEZ. L'équipage de vol doit descendre à un taux pour éviter la mesure préventive vers le bas consultative. Les croix de chemin de vol par le chemin de vol de la menace.
- ✚ RÉDUISEZ LA DESCENTE - RÉDUISEZ LA DESCENTE. L'équipage de vol doit réduire le taux de descente pour éviter la mesure préventive vers le haut consultatif.

III.10.5 Les différents messages de système TCAS

Type d'avis	Annonciation de message
Avis de circulation TA	« trafic, trafic »
Montée corrective	« climb, climb »
Descente corrective	« descent, descent »
Montée à croisement d'altitude (avis correctif)	« climb crossing climb,climb crossing climb »
Descente à croissent d'altitude (avis correctif)	« Descent Crossing Descent, descent crossing descent »
Réduction de la montée corrective	« Adjust vertical speed, adjust»
Réduction de la descente corrective	« Adjust vertical speed, adjust»
Renversement pour une montée (avis correctif)	« climb, climb now, climb, climb now”
Renversement pour la descente (avis correctif)	« descente, descente new, descente, descente new »
Augmentation de la montée (avis correctif)	« increase climb, increase climb »
Augmentation de la descente (avis correctif)	« increase descente, increase descente »
Avis de résolution préventif initial	« monitor vertical speed »
Pas de croisement maintenir le taux de l'avis de résolution (correctif)	« maintain vertical speed, maintin»
Croisement d'altitude, maintenir le taux de l'avis de résolution (avis correctif)	« maintain vertical speed, croissing maintain»
Affaiblissement de l'avis de résolution Correctif	« adjust vertical speed, adjust»
Dissipation du conflit	« clear of conflit »

III.11 EXEMPLES DE CONFLITS RESOLUS PAR LE TCAS

Les exemples qui suivent correspondent à des événements TCAS **réels**

1) perte de séparation par dépassement du niveau autorisé (IFR-IFR)

Un avion A équipé TCAS est autorisé monter au FL 280. Un autre avion B équipé TCAS également est stable au FL290 .Ils suivent tous les deux la même route.

L'osque l'avion A atteint le FL273, le filet de sauvegarde se déclenche. Le contrôleur demande au pilote de confirmer son cap et de "maintenir le niveau 280 cause trafic"

Quelque seconde plus tard, le pilote de l'avion B signale au contrôleur qu'il a une alerte TCAS pour un trafic 800 pieds juste en dessous, et monte au FL 300.

L'avion A a également un avis de résolution" descend "que le pilote suit .la distance verticale entre les deus avions atteint rapidement 2000 pieds grâce à la coordination TCAS-TCAS et à la réaction rapide des pilotes.

L'analyse de l'incident a montré que l'avion A a dépassé le niveau autorisé de 400 pieds suite à une erreur de sélection de niveau de vol sur le pilote automatique .Le temps de recyclage de l'information mode C sur l'écran radar du contrôleur ne permettait pas à ce dernier de détecter l'erreur à temps . Sans le TCAS l'avion A aurait continué la montée.

- Le TCAS a permis de rattraper une erreur indécélable à temps par le contrôleur ; les deux systèmes se sont coordonnés pour émettre des avis de résolution complémentaire.

2) rencontre avec un VFR non contrôlé (IFR-VFR)

Un avion IFR équipé TCAS est autorisé à descendre du FL 260 vers le FL 080.alors qu'il arrive au FL 110, le pilote reçoit un avis de résolution "CLIMB"et remonte au FL 117. L'intrus est un VFR volant au FL 105 sans contact radio en espace de classe E.

Le VFR n'était ni connu du contrôle ni affiché sur les écrans radar. Les pilotes n'ayant pas pu se séparer visuellement, le TCAS a permis un évitement en dernier recours.

Cet incident, sans le TCAS aurait pu avoir de graves conséquences, montre l'intérêt pour les VFR d'avoir d'avoir un transpondeur mode A et C en fonctionnement ; en effet, si l'intrus ne transpondeur pas en mode C, le TCAS ne peut émettre aucun avis de résolution.

- La protection fournie par le TCAS concerne aussi bien l'intrus non équipé qu'il soit contrôlé ou non, que l'avion équipé !

3) traitement simultané de plusieurs intrus

Un avion équipé TCAS est stable au FL 370. un autre avion B équipé TCAS est stable au FL350 route exactement opposée. peu avant le croisement avec l'avion B, l'avion A est survolé par un avion C en descente vers le FL 390. le TCAS de l'avion A émet un avis de résolution "Descend"

Le pilote de A met son avion en descente de façon prolongée (non nécessaire du point de vue du TCAS) et entre de ce fait en conflit TCAS avec l'avion B

Le TCAS de A émet **un avis de résolution multi-intrus** pendant quelques secondes, demandant au pilote de limiter la vitesse verticale tant à la descente qu'à la montée.

Cet incident montre que le TCAS a détecté le deuxième intrus et en a tenu compte en émettant une alarme multi-intrus. Cependant ce genre de situation (mise en conflit induit avec un autre avion, non concerné initialement) est très rare.

Nota : cet avis de résolution non justifié par la géométrie de la rencontre, est dû à de mauvais report d'altitude (mode C) par l'avion C .

4) exemple de collision

Cette collision en vol du 1^{er} juillet 2002 au-dessus du lac constance entre un B 757 cargo de DHL et un TU 154 de bashkrian Airlines a pu faire l'objet d'une enquête précise, car les enregistreurs de vol ont été retrouvés intacts. Il apparaît donc des éléments objectifs intéressants sur cet accident

- Il n'y avait pas de problème technique sur les deux avions lors de la collision
- Les deux systèmes anticollision (TCAS) étaient identiques, de marque Honeywell 2000 et leur fonctionnement correct.

La séquence des événements :

23 :34 :42 hrs : les TCAS (trafic collision avions) indiquent un conflit potentiel, car ils sont en caps convergents à la même altitude de 36.000 pieds (niveau de vol 360).

23 : 34 :49 hrs : Zurich control demande au TU 144 de descendre rapidement (expédie) au niveau de vol 350 (35.000 pieds) et l'avise d'un conflit avec un autre avion. pas de réponse à cette instruction.

23 :34 :56 hrs : les équipages des deux avions reçoivent de leur TCAS un ordre d'action immédiat pour éviter la collision (Resolution advisory). le Boeing reçoit un ordre de descente et le TU 144 un ordre à monter.

L'équipage du Boeing réagit immédiatement. Le TU 144 reste au niveau de vol 360. Ses pilotes sont sans doute en train de s'interroger sur la conduite à suivre : suivre le TCAS et monter ou bien descendre pour obéir au contrôle sol ?

23 : 35 :03 hrs : Zurich control ne possède pas l'information sur l'instruction donnée par les TCAS des deux avions, qui n'est techniquement pas répercutée au sol. non informée de l'ordre de monter donnée par le TCAS du TU 144, Zurich contrôle réitère son instruction au TU 144 de descendre au niveau de vol 350. l'équipage russe accuse réception de cette instruction et commence sa descente le niveau de vol 350. Le radar au sol l'informe que l'autre avion est à ses deux heures.

23 :35 :10 hrs : l'équipage du Boeing reçoit un ordre de son TCAS d'augmenter son taux de descente (increase descent). cette instruction du TCAS est logique car ce système s'aperçoit que le TU 144 est aussi en descente, comme le boeing, et il est cherché à les séparer.

23 :35 :19 hrs : l'équipage du Boeing informe le contrôle qu'ils sont en descente en fonction des données de leurs TCAS.

23 :35 :24 hrs : l'équipage du TU 144 reçoit de son TCAS l'instruction d'augmenter le taux de montée (Increase climb). même logique d'évitement que celle du Boeing, mais qui doit troubler profondément l'équipage russe, qui a une information à monter de son TCAS et une à descendre émanant de Zurich control.

23 :35 :32 hrs : collision

III.12 INTERACTIONS AVEC LE CONTROLE AERINNE

Le suivi d'un avis de résolution est en général perçu comme dérangement par le contrôle, du fait des déviations par rapport à la trajectoire prévue, des dialogues qui s'ensuivent et de la crainte d'un conflit induit avec un troisième avion. Si cette crainte est légitime, le contrôleur doit cependant savoir que le TCAS est capable de traiter plusieurs intrus simultanément et fournit l'avis de résolution adapté.

Les principaux cas d'interaction TCAS/contrôle sont :

- ✓ Les séparations avec stabilisation à 1000 pieds d'écart qui engendrent de nombreux avis de résolution. Le TCAS II déclenche en raison des vitesses verticales importantes pratiquées alors que l'avion est proche de son niveau autorisé.
- ✓ Les croisements à vue qui produisent des avis de résolutions notamment sur l'avion "croisé" dans tous, une information de trafic même si elle n'empêche pas le pilote de

suivre l'avis de résolution émis par son TCAS, aura pour effet probable de minimiser les déviations verticales et, conséquent, la gêne pour le contrôle.

- ✓ Des avis émis contre certaines catégories d'aéronefs : VFR, avion d'alarme volant en régime COM ...ce problème est lié autant à la gestion des espaces et du trafic aérien en général qu'au fonctionnement du TCAS II. Notons toutefois que le TCASII n'est réellement efficace que si l'avion intrus quelque soit, à un transpondeur mode C en fonctionnement, et que le TCAS il n'a pas été conçu en fonction des performances des appareils militaires (chasseurs).

Conclusion

- . Le contrôleur, lorsqu'il a connaissance du suivi d'un avis de résolution, ne doit pas tenter de modifier la trajectoire de l'avion. Ce point de réglementation vise à empêcher l'émission d'instruction contraire aux manœuvres requises par le système anti-abordage. Cependant, Comme un un ACAS II fournit uniquement des avis de résolution dans le plan vertical, des instructions d'évitement horizontal sont toujours complémentaires.
- . Lors de plusieurs événement résolu de façon optimale par le TCAS, l'analyse a montré que le TCAS fonctionne dans un laps de temps court (30 secondes en moyenne) pendant lequel le contrôleurs n'a plus les moyens matériels d'agir dans un sens ou un autre du fait de la proximité des avions. Par ailleurs, lorsque le TCAS émet le message de fin de conflit (Clear of conflict) Il peut arriver que les avions ne soient pas du tout séparés pour le système de contrôle.
- . Du fait de ses limitations (précision des données en entrée, logique d'anti-abordage, suivi des manœuvres proposées), le TCAS II n'est pas infaillible.

En conséquence, **Le TCASII doit donc bien être considéré comme un système anti-abordage de dernier secours.**

CHAPITRE IV MAINTENANCE ET RECHERCHE DE PANNES

IV.1 MAINTENANCE

IV.1 Définition de la maintenance

L'entretien d'un aéronef peut être défini comme étant l'ensemble des opérations et actions destinées à maintenir ou à remettre l'aéronef ou certains de ces éléments en état d'être exploités normalement comme lors de la certification. La maintenance consiste en plusieurs opérations dont : la vérification, modification, révision, inspection....

IV.2 OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE

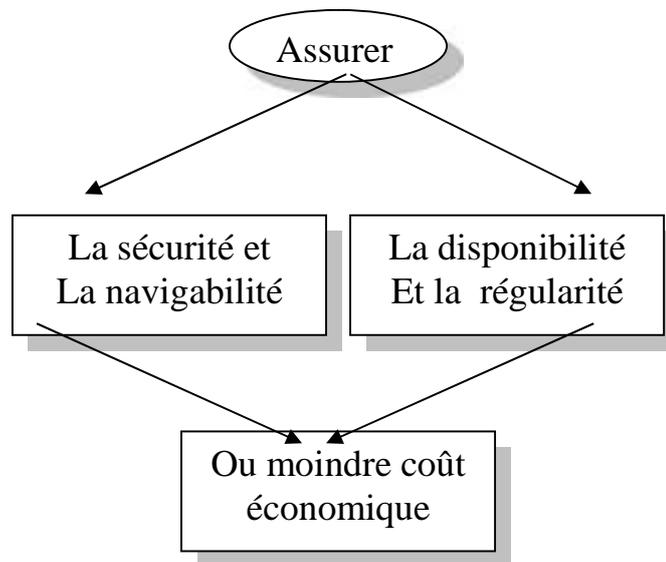


Figure IV.1 : objectifs de la maintenance

a. La sécurité

C'est une exigence à la fois réglementaire et commerciale. L'aéronef doit, au cours du temps, conserver les caractéristiques de navigabilité définies et approuvées lors de sa certification (performances, domaine de vol, intégrité de la cellule et des propulseurs, sécurité et disponibilité des systèmes et équipement...). De plus, un accident peut nuire à l'image de marque du transporteur et du constructeur. **Voir figure (IV-1)**

b. La disponibilité

Un aéronef représente un investissement coûteux, les compagnies cherchent donc un taux d'utilisation élevé. Pour cela, un aéronef de transport doit être en état d'accomplir sa mission au moment voulu. Le retard ou l'annulation d'un vol constituent non seulement une perte pour la compagnie, mais nuisent aussi à son image auprès du passager. Eviter, dans une certaine mesure, cet inconvénient par un vol d'aéronef de réserve ou par des affrètements auprès d'autres transporteurs, ce qui n'est pas satisfaisant économiquement.

c. Le coût

Nous avons vu que la satisfaction des deux premiers objectifs, est dictée par les impératifs économiques, mais entretenir des aéronefs nécessite une organisation des moyens matériels et humains. Minimiser le coût d'entretien constitue donc le 3^{ème} objectif ; ainsi, il faut trouver le meilleur compromis entre les deux premiers objectifs et le troisième, avec pour contrainte la satisfaction des exigences réglementaires en matière de sécurité et de disponibilité (régularité).

IV.3 LES DIFFERENTES POLITIQUES DE MAINTENANCE

La stratégie de la politique de maintenance consiste à définir les objectifs technico-économiques relatifs à la prise en charge du matériel d'une entreprise par le service de maintenance. Le tableau suivant présente ces politiques :

	entretien totalement effectué dans la compagnie	entretien effectué dans la compagnie partiellement	entretien sous traité totalement
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - diminution du coût de maintenance. - indépendance technique. - souplesse de programmation et de modification. 	<ul style="list-style-type: none"> - investissement progressif et limité. - gain de coût dans les parties très coûteuses. - développement progressif d'activité 	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'investissement coûteux. - pas de frais financier sur le stock. - pas de problèmes de main d'œuvre.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement coûteux, matériel et humain. - Frais financier élevé. - Problème de main d'œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> - dépendance technique. - pas de maîtrise de stock. - manque de souplesse dans la programmation et la modification. 	<ul style="list-style-type: none"> - dépendance technique.
Exemples d'entretien	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien en ligne (en piste) (pré vol/moyen). - Révision équipements des avions. 	<ul style="list-style-type: none"> - entretien en ligne (moyen). - révisions mineures (simples tâches). 	<ul style="list-style-type: none"> - entretien en ligne sous traité.
Exemple de flotte	<ul style="list-style-type: none"> - Une flotte importante en nombre exp : (50 avions). - Une flotte spécifique (Boeing, Airbus, ATR, Hercules). 	<ul style="list-style-type: none"> - une flotte moyenne en nombre exp : (10 avions) 	<ul style="list-style-type: none"> - une petite flotte en nombre exp : (2-3 avions). - Avions loués ou avions de transition.

Tableau IV.2 : les différentes politiques de maintenance

IV.4 DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCES

Deux types de maintenances sont suivis pour pouvoir garder la disponibilité et la régularité des avions, ces deux types de maintenance sont : (voir la figure 4.2)

 Maintenance programmée (préventive).

 Maintenance non programmée (curative).

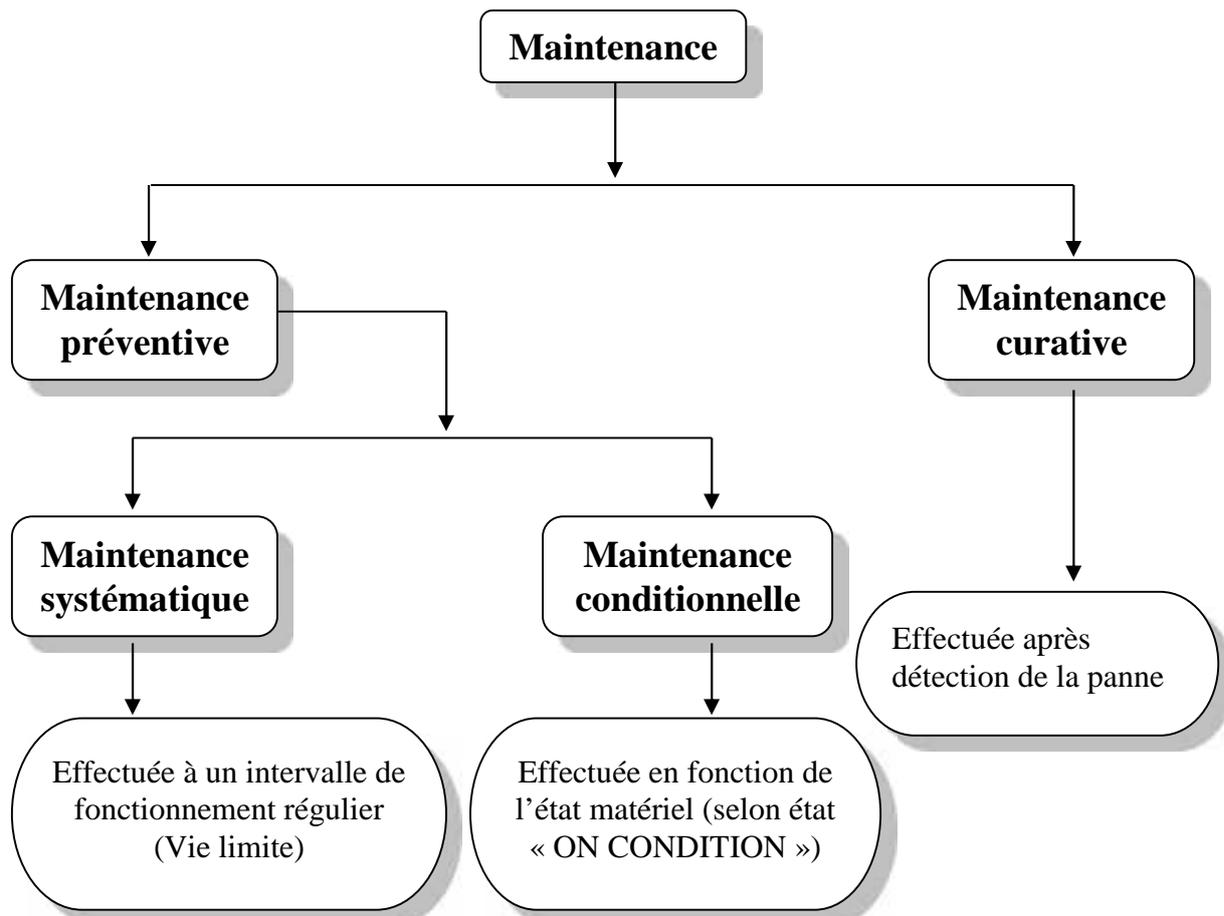


Figure IV.3 : Différents types de maintenances

a. Maintenance préventive

C'est l'ensemble des opérations destinées à maintenir ou à remettre l'aéronef ou certains de ses éléments en état d'être exploités normalement. Elle est effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien (pièce, équipement...).

La prévention doit permettre d'éviter les pannes au cours d'utilisation par une intervention de maintenance prévue (visite), préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

On distingue deux types de maintenance préventive :

a.1. Maintenance préventive systématique :

Elle consiste à effectuer des interventions périodiques (visite intermédiaire, révision générale) selon un planning établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

a.2. Maintenance préventive conditionnelle :

L'application de la maintenance préventive conditionnelle est reliée à un type d'événement déterminé en fonction de l'état matériel. Cette forme de maintenance a pour but d'assurer le suivi continu en service.

a.3. Les visites programmées :

L'entretien des aéronefs doit être organisé en un temps cohérent de façon à minimiser les temps d'immobilisation, il s'agit donc de grouper les opérations élémentaires d'entretien de périodicités et d'importances comparables. Ces groupes d'opération sont appelés visites.

- Visite pré vol (transit).
- Visite journalière.
- Visite A.
- Visite B.
- Visite C.
- Visite D.

NOTA : La terminologie **A, B, C, D** et les périodicités ci-dessus sont données à titre d'exemple. Les périodicités de visites peuvent varier d'une compagnie à une autre pour le même type d'aéronef, en fonction de l'expérience et du type d'exploitation de la compagnie (utilisation quotidienne, durée moyenne du vol, trafic avec ou sans pointes saisonnières...). La terminologie peut également différer.

La durée d'immobilisation de l'avion varie de quelques heures pour une visite « **A** » et d'un mois pour une visite « **D** », afin d'éviter les temps d'immobilisation trop longs, on peut découper en morceaux les visites les plus importantes et associer ces morceaux aux visites de rang inférieur. C'est l'entretien progressif, appelé aussi entretien fractionné.

NOTA : Chaque visite progressive comprend une visite « **A** » et 1/3 du contenu de la visite « **B** » et 1/9 du contenu de la visite « **C** ». Les fractions des visites sont établies de façon que la charge de travail de chacune d'entre elles soit équivalente.

b. Maintenance (curative)

C'est l'ensemble des opérations, non programmées ayant pour objectif de remédier (corriger) les avaries, ou les anomalies survenues en fonctionnement. En d'autre terme, c'est la remise en état de l'avion après détection d'une défaillance.

La démarche de dépannage est la suivante :

- Plainte équipage : (pannes données par le CRM ou par le CDU).
- S'informer et analyser la situation :(l'hésérique...).
- Etablir le diagnostique (chercher les causes les plus probables) : cette démarche est décrite dans le « FIM ».
- Dépose /pose : cette démarche est décrite dans le « AMM ».
- Test de bon fonctionnement : a faire sur des banc d'essai.
- Restitution de l'avion a l'exploitation.
- Rédiger le rapport d'intervention.

IV.5 DIFFERENTS NIVEAUX DE MAINTENANCE**a. Maintenance en ligne :**

Cette maintenance est caractérisée par une intervention rapide de la part du personnel de maintenance, elle est limitée au remplacement de l'équipement défaillant.

Un test est opéré après remplacement de l'équipement pour contrôler le rétablissement de la fonction.

b. Entretien dans la base principal ou l' hangar :

Elle est caractérisée par une intervention de longue période de la part du personnel de maintenance, elle concerne les actions ne pouvant être exécutées dans la maintenance en ligne.

b. Maintenance à l'atelier :

Cette maintenance est faite à des intervalles de temps réguliers. L'intervention du personnel est alors programmée suivant l'utilisation de l'avion et concerne les équipements non surveillés.

IV.6 LES DOCUMENTS UTILISES DANS LA MAINTENANCE

a. MPD (Manual Planning Data)

C'est le manuel de planification de maintenance, il définit les tâches pour chaque type d'inspection de maintenance programmée, les compagnies aériennes l'utilisent pour faire des cartes de tâches (check List) qui sont utilisées par les techniciens durant la maintenance programmée. Voir la figure 4.2

a) AMM (Aircraft Maintenance Manuel)

C'est le manuel de maintenance de l'avion, il est constitué de deux parties :

La partie (I) : est un manuel appelé « SDS » (Système Description Section). Il apporte des descriptions en interfaces, les fonctions, les opérations des systèmes et des sous systèmes.

La partie (II) : comprend les procédures à utiliser lors de la maintenance :

- Dépose /repose des équipements.
- Réglage des systèmes et les tests associés a ces systèmes.
- Inspection visuelle ou générale de toutes les zones, et spécialement les zones critiques.
- Procédure de nettoyage et les procédures associées à la peinture.
- Méthodes de réparation des éléments.

b) SSM (Schematic System Manuel)

C'est le manuel des systèmes schématisés, il apporte à l'utilisateur une meilleure compréhension des systèmes et il aide dans la procédure d'isolation de la panne.

c) WDM (Wiring Diagram Manuel)

C'est le manuel des diagrammes des câblages, il fournit des détails sur les câblages d'un point à un autre de chaque système et sous-système dans l'avion.

d) PC (Illustrated Part Catalog)

Catalogue illustré des pièces, il fournit des informations sur le remplacement des pièces et des composants, et il définit les références des composants (part number), ainsi que les schémas éclatés et détaillés des éléments qui constituent un équipement.

e) CRM (Crew Repport Manuel)

C'est le manuel de rapport de vol (pannes reportées), il fourni les codes des pannes, et il est utilisé pour améliorer la communication entre l'équipage et le personnel de maintenance.

f) CMM (Component Maintenance Manuel)

C'est le manuel d'entretien des équipements. Les instructions en ce manuel fournissent les informations nécessaires pour exécuter des fonctions d'entretien s'étendant des contrôles et du remplacement simples pour accomplir la réparation des équipements.

g) FIM (Fault Isolation Manuel)

C'est le manuel de recherche des pannes, il est utilisé par l'équipe de maintenance pour isoler et déterminer les pannes survenues en vol ou au sol ; la procédure commence par une détection de la panne qui est soit :

- ✚ Observée par le pilote et mentionnée dans le CRM (Compte Rendu Matériel), ou dans le FRM (Flight Report Manuel).
- ✚ Ou bien détectée par le CDU (Common Disply Unit).

L'isolation de la panne nécessite le numéro de la procédure de recherche de panne (FIM TASK). Pour cela on utilise les données du FIM avec celles de l'avion CDU (Common Disply Unit) afin d'identifier le numéro correct de la procédure.

h) SRM (Structural Repair Manuel)

C'est le manuel de réparation structurale, il fourni des informations descriptives et des instructions spécifiques pour faire les réparations de la structure de l'avion.

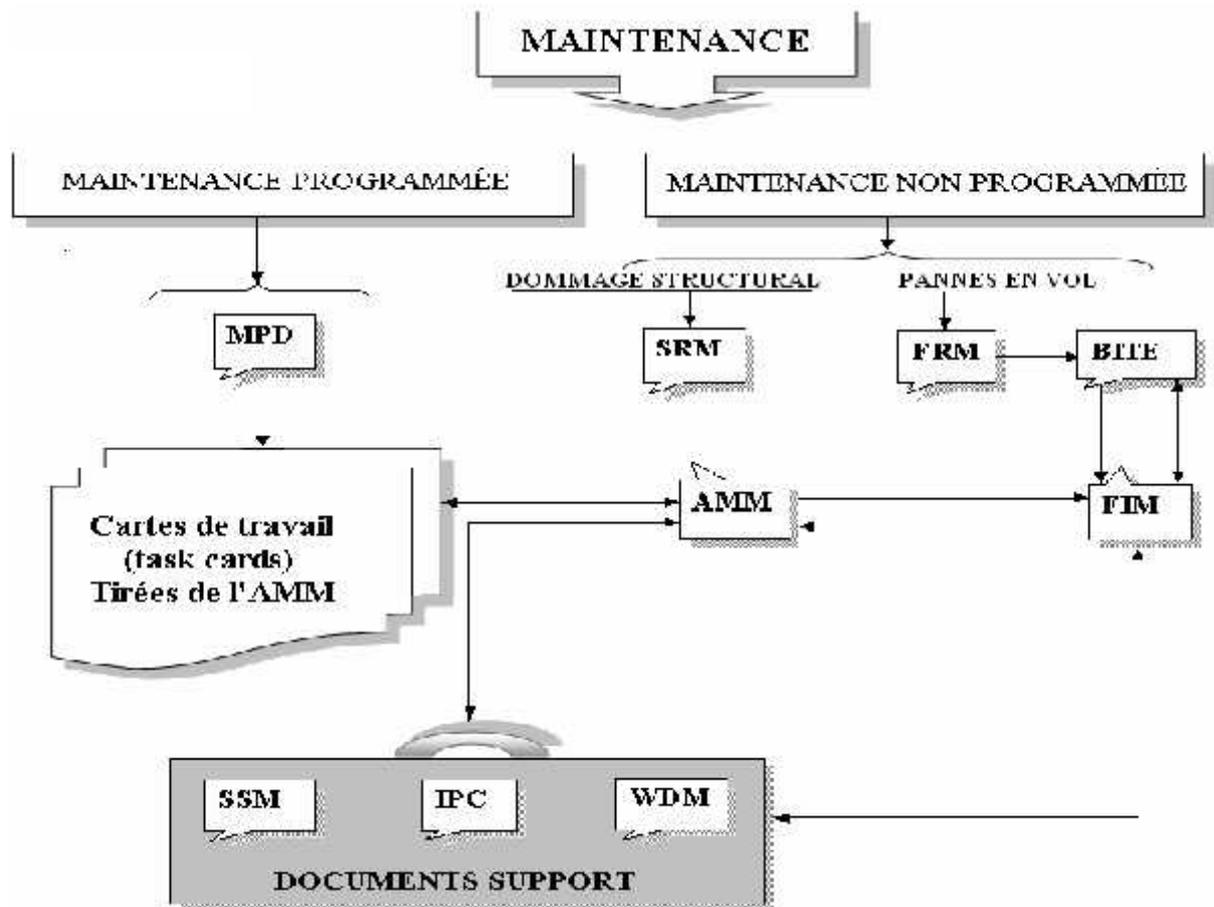


Figure IV.4 : Utilisation des documents dans la maintenance

IV.7 RECHERCHE DE PANNES

IV.7.1 Différentes classes de pannes

Les pannes détectées sur avion sont classifiées selon leur capacité à nuire à la sécurité de l'avion :

a) Pannes classe 1 :

Ces pannes ont une conséquence opérationnelle pour la poursuite du vol, elles nécessitent obligatoirement une action corrective de l'équipage ; on dit que l'avion est « NO GO »

Ces pannes sont portées à la connaissance de l'équipage en vol sous forme d'alarmes dans le cockpit.

b) Pannes classe 2 :

Ces pannes n'ont pas de conséquences opérationnelles sur le vol en cours et les prochains vols, mais peuvent en avoir si une deuxième panne survient.

Elles ne nécessitent pas l'intervention du pilote, la maintenance se fait au retour à la base ou en escale ; on dit que l'avion est « GO IF »

c) Pannes classe 3 :

Ces pannes n'affectent en rien la sécurité et la disponibilité de l'avion. Elles ne sont pas indiquées à l'équipage, et elles ne peuvent être jamais réparées si ce n'est pour des considérations économiques et de disponibilité de l'équipement.

Leur réparation relève des critères liés à la compagnie en autre, critère économique, de prestige.

IV.7.2 LES ETAPES DE DEPANNAGE

Ces étapes sont exprimées sur l'organigramme ci-dessous :

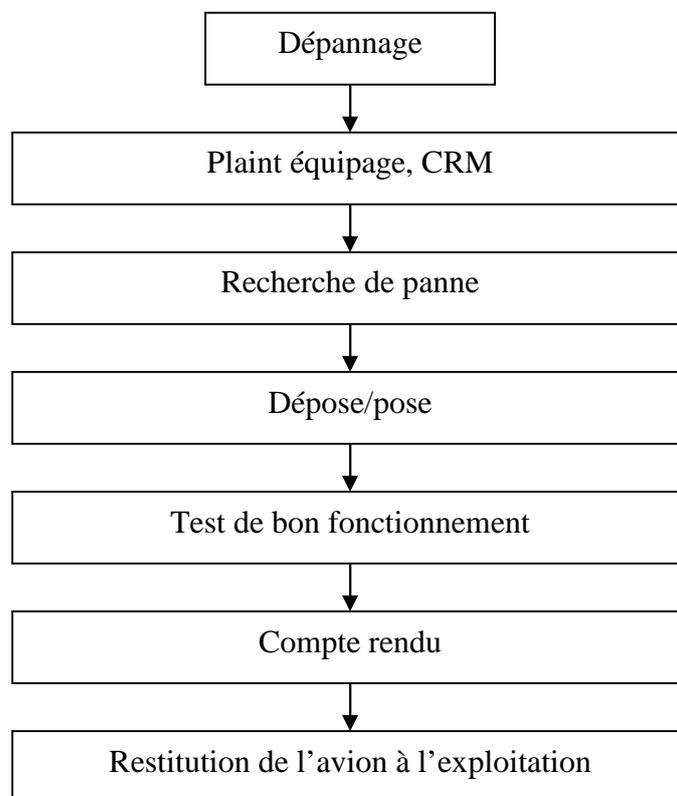


Figure IV.5 : Organigramme des étapes de dépannage

IV.7.3 LES DIFFERENTS PANNES DE SYSTEME TCAS

Pour notre travail on va choisir deux procédures en recherche de panne parmi les différentes procédures existantes sur le champ : commençant tout d'abord par un auto-test.

IV.7.3.1 LES DIFFERENTS TESTS DU SYSTEME ATC

a) Test de fonctionnement

Quand on fait un test de transpondeur ATC, le système BITE fait un contrôle d'état opérationnel de tous les circuits internes de transpondeur, et l'état d'impédance d'antenne.

Les voyants (LEDs) sur le transpondeur affichent dans ces conditions:

- l'état de transpondeur
- l'état d'antenne
- l'état d'interface de commande de transpondeur
- l'état d'interface d'altitude.

b) Le test automatique du système ATC

Pour faire un auto-test de Système ATC, soit Pousse le bouton de test sur le panneau du transpondeur ou sur la boîte de commande ATC/TCAS. Pendant ce test, les circuits BITE du transpondeur vérifient les fonctions suivantes:

- test d'opération normale
- test de mémoire
- test les circuits simulation d'interrogation de récepteur
- test d'impédance d'antenne
- test l'interface de TCAS
- test les entrées d'altitude.

c) Test depuis le panneau avant du transpondeur

Pousse et libéré le contact de TEST. Toute l'émission avant de voyant les indicateurs de la diode (LED) tournent le rouge pendant deux secondes. Après deux des en second lieu, le STATUT LRU tourne le vert et l'autre LEDs restez rouge. Alors tous les LEDs vont au loin pendant deux secondes. À ceci temps, les LEDs applicables avancent pour montrer l'état du Réseau d'émetteur-récepteur de ATC. Après 30 en second lieu, tous les LEDs vont au loin voir figure (IV-5).

Les indications des LEDs et leurs conditions :

- l'état du LRU (vert) -fonction normal
- l'état du LRU (rouge) -défaillance
- défaillance d'antenne, supérieure ou intérieure
- défaillance d'entrées d'altitude de l'ADIRU
- défaillance d'entrées de la boîte de commande

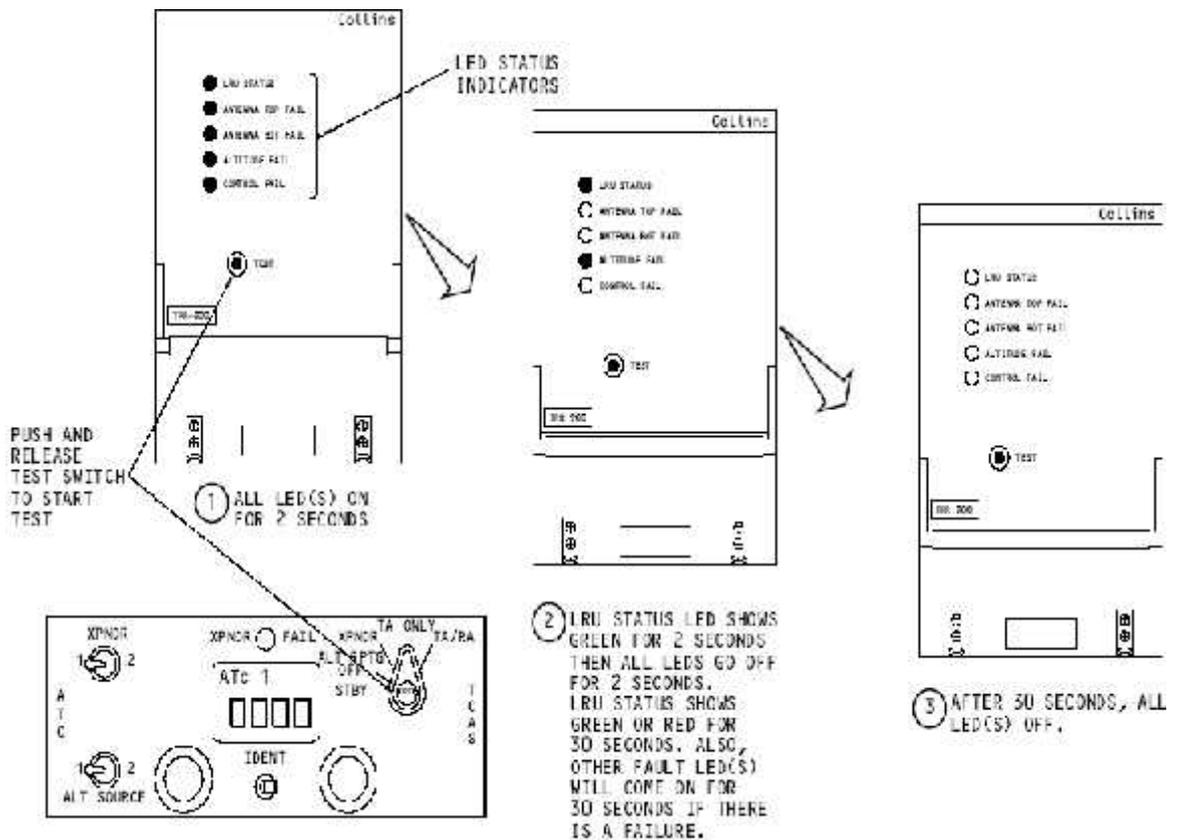


Figure IV.6 : Test depuis le panneau avant du transpondeur

IV.7.3.2 LES DIFFERENTS TESTS DU SYSTEME TCAS

Le test automatique du système TCAS est comme le système ATC c'est-à-dire, ce dernière est peut commencer par la boite de commande ATC/TCAS ou du contact de TEST de panneau avant de TCAS computer.

Pendant le TEST, les signaux de TEST vont à ces indicateurs : voir figure (IV-6)

- NDs
- ADIs
- VSIs

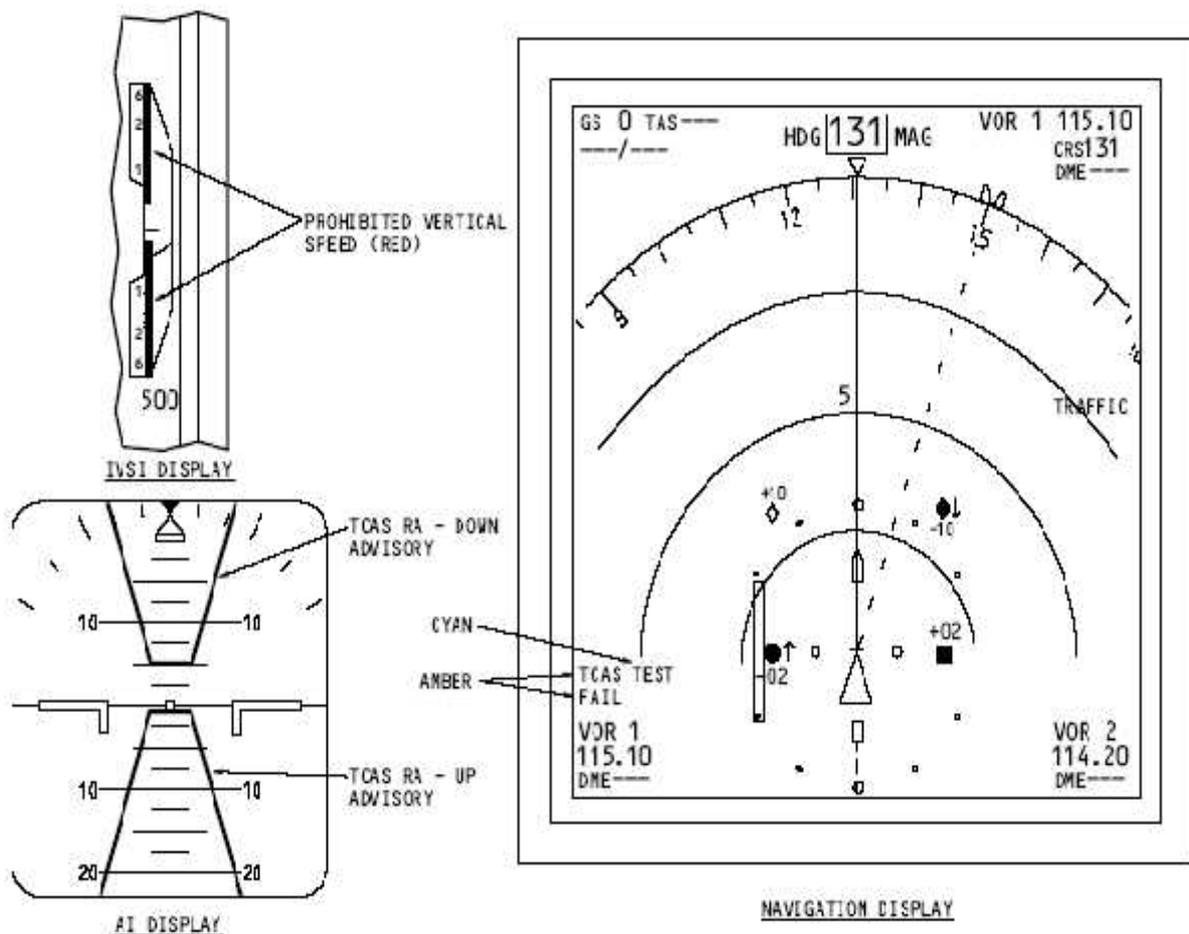


Figure IV.7 : les messages de TEST du système TCAS

IV.7.3.3 LES INDICATIONS DE TEST voir figure (IV-7)

a) Les indications du TEST AUTOMATIQUE sur le ND

Si l'essai passe, le ND montre ces données:

- Un message bleu, TCAS TEST
- Un message rouge, TRAFIC
- Symbole ambre du trafic de TA
- Symbole rouge du trafic de RA

b) Indications D'autotest sur le VSI

Le VSI montre la verticale interdite par une bande rouge, et également une bande verte avec une telle par exemple de (0 à + 300).

c) Indications De D'autotest AI

Le AI affiche les deux bars (haut et bas) en rouge, c'est-à-dire un message de RA voire la figure (IV-7).

➤ Test automatique depuis le Panneau Avant de TCAS computer

Pousse le contact de TEST sur le panneau, disque en appuie il affiche ces indications:

- Tous les LEDs s'allument en vert, après une seconde toutes les LEDs s'éteignent.
- La LED applicable reste allumée soit en rouge ou bien en vert pour montrer le statut du TCAS ou les interfaces de TCAS.

Note : si c'il y a une panne le système d'affichage ne montre rien dans toutes les indicateurs voir figure (IV-8)

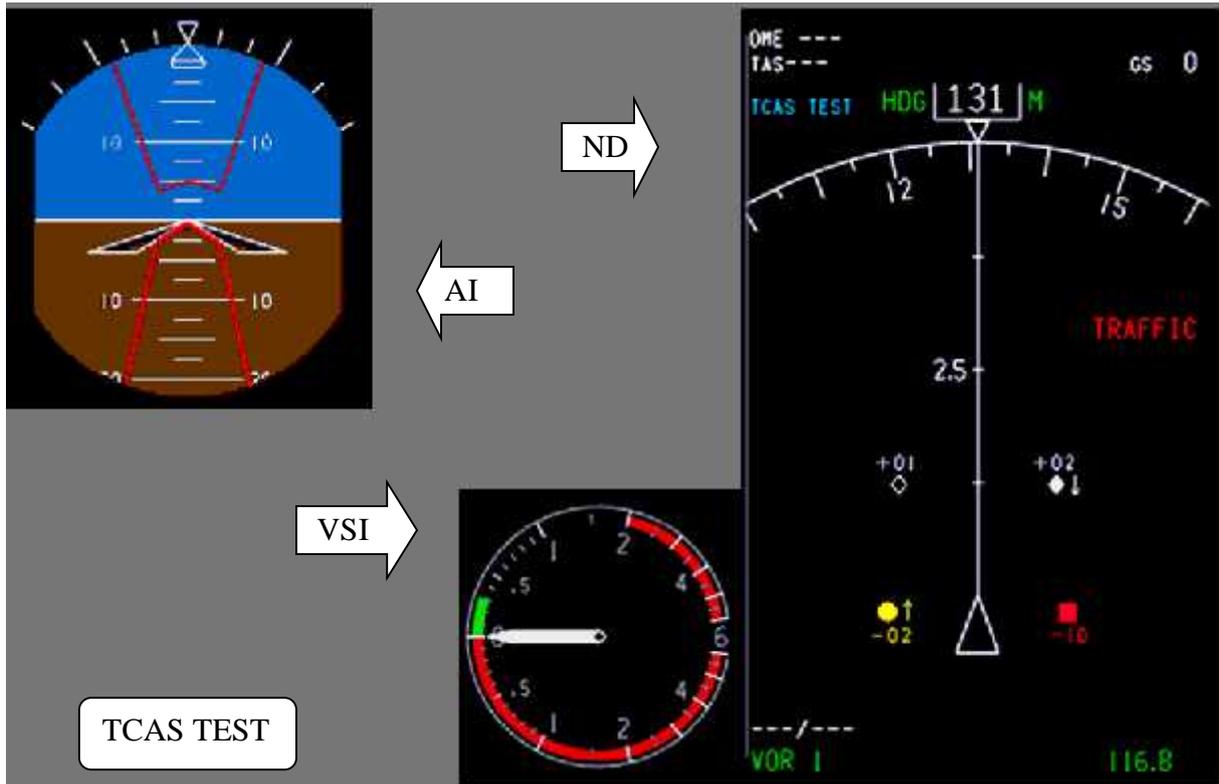


Figure IV.8 : Les indications de TEST (cas de bon fonctionnement)

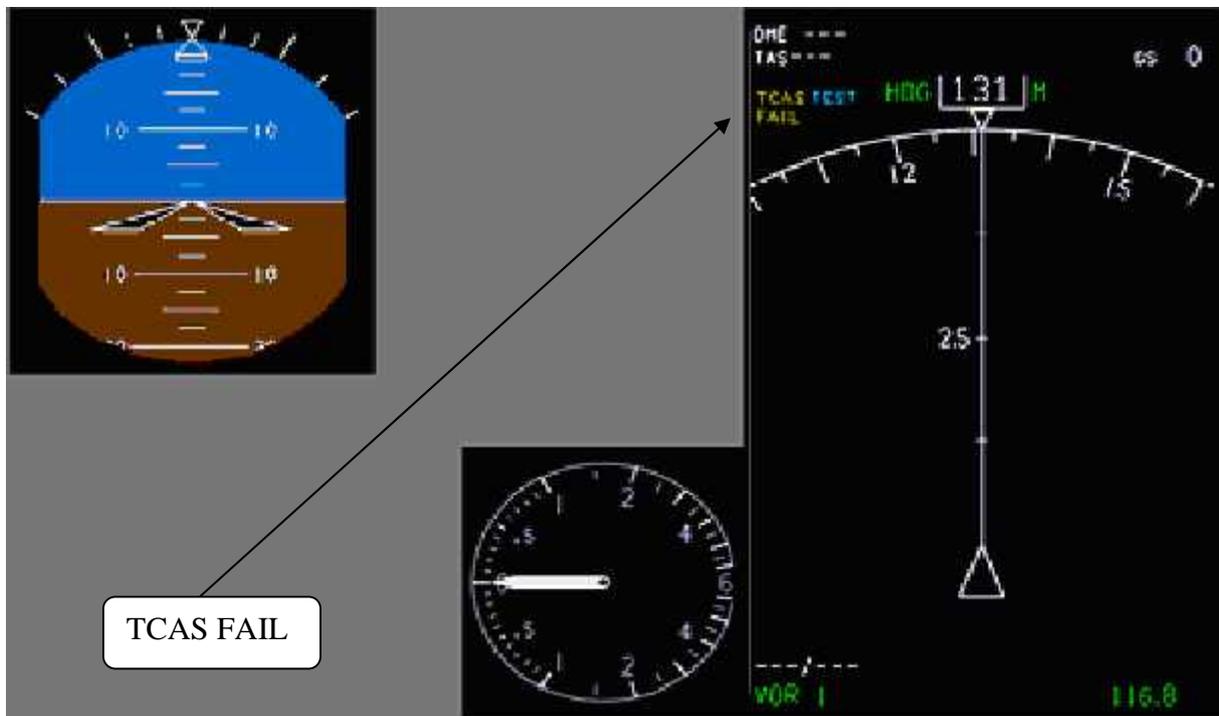


Figure IV.9 : les indications de TEST (cas de défaillance)

IV.7.3.4 EXEMPLES DE PANNES DU SYSTEME TCAS**Exemple 01) : les d'intrus au sol affichent sur le ND**

A. Description

(1) TCAS computer emploie un discret air/sol pour empêcher l'affichage des symboles d'intrus de TCAS quand l'avion est au sol

Le discret air/sol vient à partir de l'unité de l'électronique de commutateur de proximité (PSEU).

B. les causes Possibles.

(1) câblage (wiring)

(2) PSEU

(3) TCAS computer

C. la source des Données

(1) SSM

(2) WDM

D. Initiale Évaluation

(1) si les symboles d'intrus de TCAS ne sont pas affichent sur le ND dans le mode sol, il y avait alors une panne intermittente.

(2) si les symboles d'intrus de TCAS affichent sur le ND dans le mode sol, alors faites la procédure d'analyse de panne ci-dessous

E. Procédure d'Analyse de Panne

(1) Faites ce contrôle du PSEU:

(a) fait la procédure de BITE de PSEU

(b) Si le BITE indique n'importe quel panne interne de PSEU, alors on remplace l'équipement

Les tâches suivantes sont:

- déplacement de PSEU

- installation de PSEU

(1) si les symboles d'intrus de TCAS ne sont pas affichent sur le ND en mode sol, alors vous avez corrigé la panne.

(c) si le BITE de PSEU, il n'a détecté aucune panne interne, alors on continue la procédure.

(2) fait la procédure de BITE du câblage :

a) enlèvent le TCAS

b) débranchement de connecteur du PSEU (D11138)

c) fait un test du câblage entre les deux pins, le connecteur de TCAS computer (D274É) et le connecteur de PSEU (D11138)

d) si c'il y a un problème de câblage, alors on fait ces étapes:

1) répare le câblage

2) rebranchent le connecteur de PSEU (D11138)

3) réinstallent le TCAS computer

4) si les symboles d'intrus de TCAS ne sont pas affichent sur le ND en mode sol, alors vous avez corrigé le défaut.

e) si c'il y a aucun problème de câblage, on fait cette étape et continue:

1) rebranchent le connecteur de PSEU (D11138).

(3) installe un nouveau TCAS computer.

(a) si les symboles d'intrus de TCAS ne sont pas affichent sur le ND en mode sol, alors le défaut corrigé

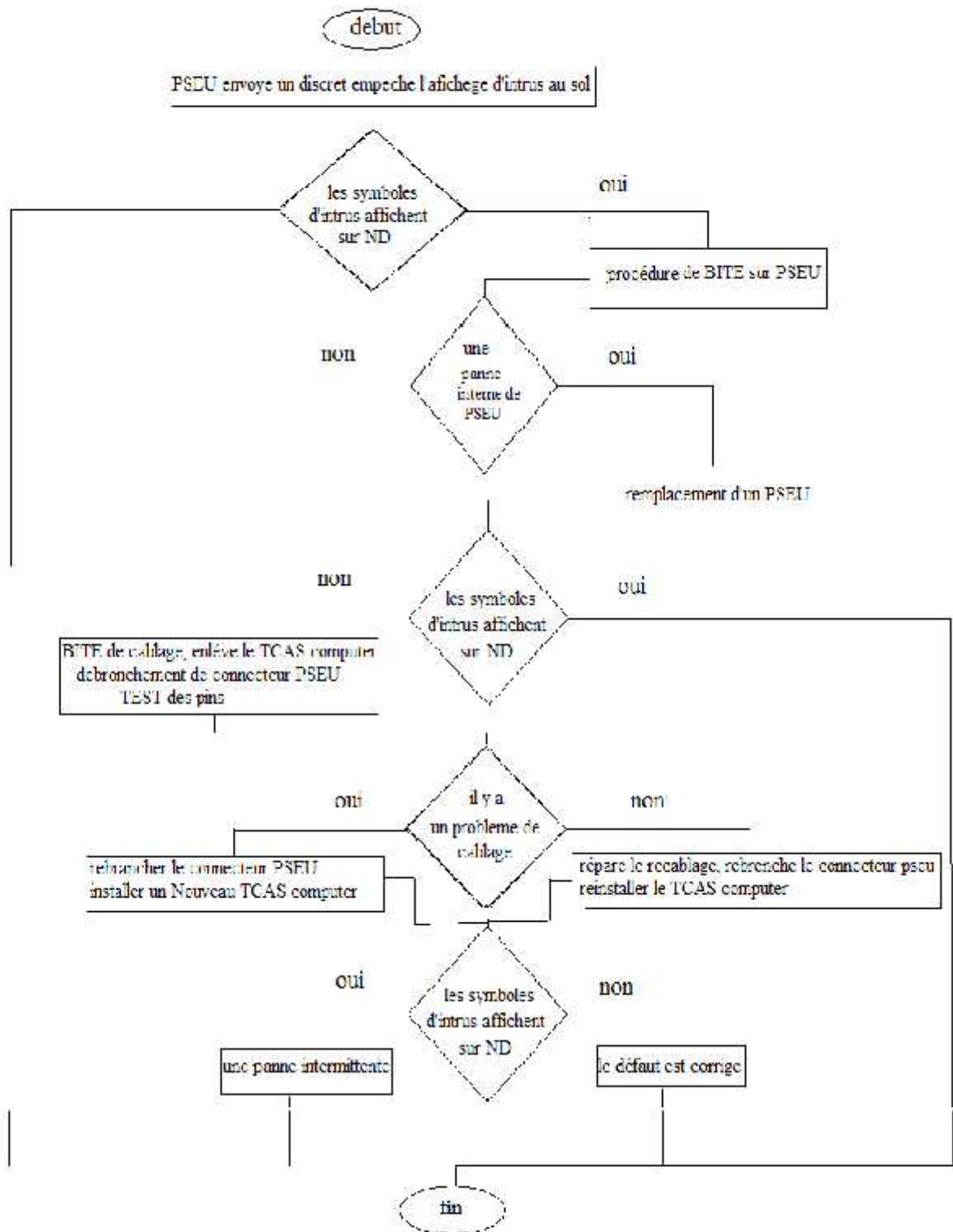


Figure IV.10 : Organigramme de panne d'affichage au sol

Exemple 02) : TCAS TEST défaillant**A. Description**

(1) ceci pour une indication de défaillance (TEST FAIL) et un message auditif de défaillance après le TEST de système TCAS.

Pour Commence le TEST du système TCAS, en appuie sur le commutateur de TEST du la boite de commande ATC /TCAS

B. initial Evaluation

(1) sur l'AMM (Aircraft Maintenance Mannuel) du TEST opérationnel du système TCAS

(a) si le TEST opérationnel est satisfaisant, il y avait alors un défaut intermittent.

(b) si le TEST opérationnel n'est pas satisfaisant, alors faire la procédure d'analyse de panne ci-dessous.

C. procédure d'analyse de panne

(1) faire la procédure du BITE du système d'anti-collision (TCAS) qui a motionne sur le FIM (Fault Isolation Mannuel)

(a) si le BITE du système TCAS affiche une défaillance, alors en faire les procédures d'analyse de panne qui sont motionnés sur le FIM pour corrige le défaut.

1) un TEST opérationnel du système TCAS

2) si le TEST opérationnel est satisfaisant, alors le défaut est corrigé.

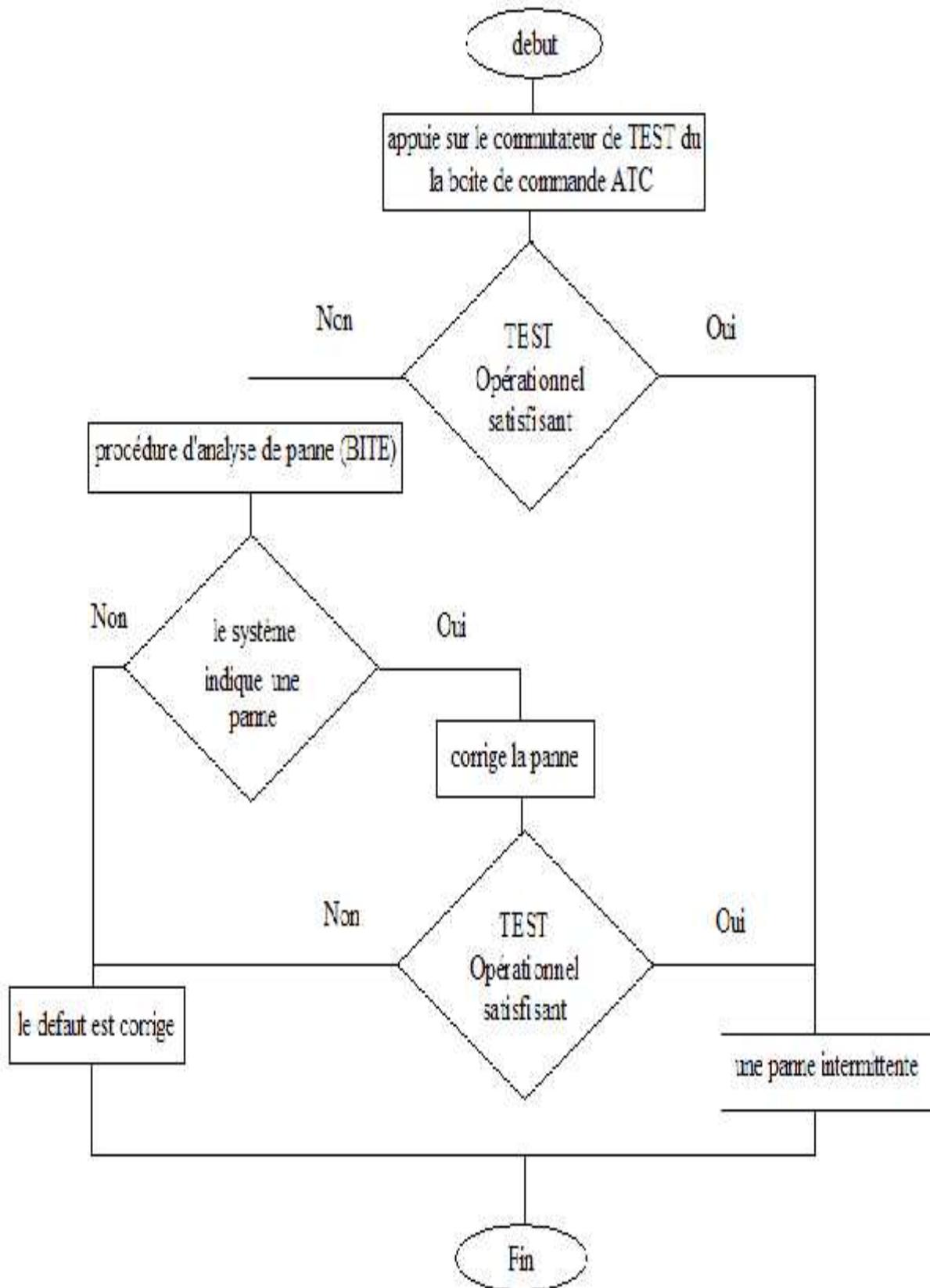


Figure IV.11 : Organigramme de panne TCAS TEST défaillant

IV.8 CONCEPTION DE LA MAINTENANCE A TASSILI AIRLINES

La maintenance utilisée au sein de la compagnie TASSILI AIRLINES est une maintenance préventive basée suivant un programme approuvé par les autorités de l'aviation civile.

Actuellement au sein de la compagnie, on a mis en place une politique d'entretien préventive en fonction des critères suivant :

- L'importance du matériel dans le cycle de l'exploitation.
- Son utilisation.
- Les conditions de travail.

Le type d'entretien est choisi selon l'usage du matériel.

Le règlement prévoit un manuel d'entretien de chaque avion en suivant les indications du constructeur. Ce manuel contient :

Les procédures du service de l'entretien.

- Généralités sur les équipements, les périodicités effectuées lors de chaque visite.
- Les modifications de l'avion et ces équipements.

Conclusion

Au terme de notre étude on a constaté que la connaissance des systèmes de sécurité aérienne joue un rôle très important dans l'avion pour améliorer la sécurité des passagers et de l'avion.

L'étude du système d'anti-collision du Bombardier DASH 8-Q400 que j'ai présenté m'a permis une meilleure compréhension des systèmes de sécurité aérienne.

De même mon stage m'a permis d'effectuer des recherches de pannes au niveau du laboratoire de maintenance et au quel j'ai appris à utiliser les documents de maintenance.

J'espère que mon projet contribuera positivement à l'institut d'aéronautique et fera l'objet d'un support pédagogique pour les futures promotions.

Introduction

Le trafic aérien a connu une augmentation importante durant les dernières années et les prévisions tendent à montrer que cette croissance ne devrait ralentir dans les prochaines années. Dans ces conditions la congestion du ciel est devenue un problème posé dans la plus part des compagnies du monde qui recherchent toujours des solutions concrètes pour gérer la pression aériennes en engendrant une surveillance plus exigeante par des nouveaux moyens de navigation pour rendre la gestion du trafic aérien à la fois souple et efficace d'où la nécessité et l'obligation pour chaque avion d'être équipé d'un système d'anti-collision TCAS

Le TCAS II est un système utilise pour détecter et poursuivre les avions qui sont aux alentours de l'avion TCAS II. En interrogeant leurs transpondeurs. Il analyse les réponses pour déterminer la distance, le relèvement et l'altitude relative de l'intrus.

Le TCAS II devra déterminer s'il existe une possibilité de collision et de la, il émettra des avis visuels et vocales appropriés a des manœuvre d'évitement dans le plan vertical.

Le TCAS est incapable de détecter n'importe quel aéronef intrus qui n'est pas doté d'un transpondeur opérant dans ce mode A/C ou dans le mode S.

Notre étude consiste à réaliser une étude descriptive du système d'anti-collision embarqué. Notre rapport se compose de :

Introduction

Partie 01 : comporte l'historique de la compagnie air Algérie

Partie 02 : une description de système ATC

Partie 03 : le fonctionnement de système TCAS

Partie 04 : maintenance et recherche de pannes.

Et on termine par une conclusion.

Résumé

Le sujet que nous avons traité porte sur l'étude description et fonctionnement du système d'anti-collision embarqué le TCAS (Trafic collision avoidance system).

Il a été démontré que le système d'anti-collision embarqué, le TCAS, est un système essentiel et important dans l'amélioration de la sécurité de vol des aéronefs.

Le système d'anti-collision embarqué, le TCAS, opéré indépendamment mais d'une manière compatible avec les système de contrôle de circulation aérienne (Air Traffic Control) par le moyen d'affichage et annonces vocales au niveau de cockpit. Le TCAS fournit à l'équipage des informations (altitude) de tout aéronef circulant, il lui génère des recommandations (manœuvres) pour éviter qu'un risque de collision puisse se produit.

BIBLIOGRAPHIE

1/ Les ouvrages :

- LOUIS HENRY 11973 (paris)
«Dictionnaire AERO- TECHNIQUE anglais-français»
- Les cours de recherches de panne et d'organisation maintenance dispensés à l'institut d'aéronautique de Blida : niveau 3 année TS (promotion 2007)

2/ les thèses :

- MELLE KARIMA MOHAMDI
«Étude descriptive et contribution à la simulation du système anticollision embarqué»
(promotion 2001)
- BEHLOUL NABIL
«Étude du système d'anticollision TCAS» (promotion 2007)

3/ Les CD :

- Data Q400
- DECO DICTIONNAIRE

4/ Les sites web :

- [www .avionique .com](http://www.avionique.com)
- [www .tassili arlines.com](http://www.tassiliarlines.com)
- [www .national .com](http://www.national.com)

Avis de résolution inverse : avis de résolution dont le sens a été renversé

Avis résolution positif : avis résolution conseillant au pilote soit de monter, soit de descendre

Avis de résolution préventif : avis de résolution conseillant au pilote soit d'éviter certains écarts par rapport à sa trajectoire de vol actuelle mais n'exigeant pas que celle-ci soit modifiée.

Avis de résolution « vers le bas » : avis de résolution positif recommandant une montée mais non une montée accélérée

Avis de résolution « vers le haut » : avis de résolution positif recommandant une montée mais non une montée accélérée.

Chevauchement : étas des réponses SSR qui se superposent à l'entrée du récepteur.

Chevauchement synchrone : chevauchement des réponses reçues par une unité TCAS qui a interrogé des aéronefs situés à des distances pratiquement égales.

Classe de rencontre : les rencontres sont classées selon que les aéronefs sont ou non en transition au début à la fin de la fenêtre de rencontre et selon que la rencontre comporte ou non un franchissement d'altitude.

CPA (Closest POINT OF Approche) : point de rapprochement maximal de deux aéronefs en conflit

Coordination : processus selon lequel deux aéronefs dotés du TCAS sélectionnent des avis de résolution (RA) compatibles en changement des avis de résolutions complémentaires(RAC).

Délais d'avertissement : intervalle de temps entre l'instant où est détecté la menace possible/menace et l'instant de rapprochement maximal lorsque ni l'un l'autre des aéronefs n'accélère.

Distance horizontale d'évitement : séparation horizontale minimale constatée dans une rencontre.

Distance verticale d'évitement : théoriquement c'est la séparation, verticale au point de rapprochement maximale. En effet de rencontre du modèle de rencontre type c'est par construction la séparation vertical au moment du point de rapprochement maximale.

Fausse alerte : alerte provoquée par une fausse piste ou mauvais fonctionnement du système TCAS

Gisement : angle défini, dans le plan horizontal, par l'axe longitudinal de l'aéronef de référence et de direction de l'intrus, mesuré en sens d'horloge par un observateur situé au-dessous.

Interrogation de coordination : interrogation mode S (transmission montante) émis par un TCAS 2 et contenant un message de résolution.

Intrus : aéronef doté d'un transpondeur, qui se trouve à portée de surveillance d'un TCAS et au sujet duquel ce dernière a génère piste établie.

Menace : intrus auquel on doit accorder une attention particulièrement en raison de sa proximité par rapport à l'aéronef de référence ou parce qu'une succession de mesure de gisement et d'altitude que d'après la trajectoire qu'il suit, il pourrait y avoir collision ou quasi-collision avec l'aéronef de référence. Le délais d'avertissement donné dans le d'une menace est assez court pour justifier un avis de résolution.

RA (resolution advisory) : avis de résolution

Rapprochement maximale : situation dans laquelle l'aéronef TCAS et l'intrus se trouvent à la distance minimale l'un de l'autre.

SL : sensibilité des paramètres anticollision

Squitter : transmission périodique par un transpondeur S, sans interrogation préalable, d'un format de réponse particulier destiné à faciliter l'acquisition par un système d'anticollision embarqué.

TA (traffic advisory) : avis circulation.

TAU : seuil de temps pour le test de distance.