

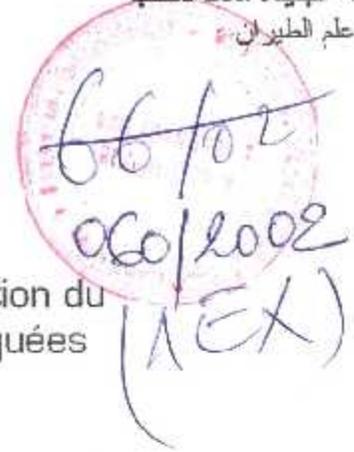


Université de Blida Saâd Dahlab
Institut d'Aéronautique

Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة البليدة سعد دحلب
معهد علم الطيران



Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du
Diplôme d'Etudes Universitaires Appliquées
en
Aéronautique
Option Avionique

THEME

**Etude Descriptive
du
Système Anticollision
TCAS-II Mode S**

Réalisé par :

M^r Nabil BOUAB.

Encadré par :

M^{lle} S.BENCHEIKH.

Promotion 2002

MR hahad

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

-  *Mes chers parents.*
-  *Mes nobles frères et charmantes soeurs.*
-  *Mes amis (es) Hocine, Madjid, Abd et Nour Eddine,
Mohammed, Ibrahime, Sid-ahmed...*
-  *Mr. et Mme. Osman.*

Et à tous ceux qui courent après le savoir.



REMERCIEMENTS

MERCI A DIEU LE TOUT PUISSANT QUI NOUS A ECLAIRE
L'UN DES CHEMINS DE LA SCIENCE.

J'ADRESSE MES SINCERES REMERCIEMENTS A MON
PROFESSEUR M^{ELLE} BENCHIKHE POUR LES CONSEILS QUI M'ONT
AIDE A LA REALISATION DE CE MODESTE TRAVAIL.

JE TIENS A EXPRIMER MON PROFOND REMERCIEMENT A
MAHMOUD ET OWAIS POUR LEUR SOUTIEN EXEMPLAIRE.

SANS OUBLIER DE CITER MON EXTREME GRATITUDE A
L'ENSEMBLE DES ENSEIGNANTS DE L'INSTITUT
D'AERONAUTIQUE.

Nabil.B

Sommaire

	<i>page</i>
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Intérêt Du Sujet	
Abréviations	
Introduction	2
Chapitre I : Généralités Sur Les Systèmes Robotiques.	
I-1 Notions Théoriques	5
I-1.1 Définition d'un robots	5
I-1.2 Caractéristiques d'un robot	5
I-1.3 Conséquences des collisions	5
I-2 Les Repères Des Robots	7
I-2.1 Jeux de repères	7
I-2.2 Les robots industriels fixes	7
I-3 Les Capteurs Robots	8
I-4 Solution De Base	10
I-5 Utilisation Des Cameras Dans Les Robots	12
I-5.1 Composantes élémentaires du mouvement des cameras	12
I-5.2 Installation de plusieurs cameras	14
I-6. Ressemblance Entre Robots & Les Systèmes Embarqués	14
I-6.1 Les CASs des avions	15
I-6.2 La logique anticollision CAS	15
Chapitre II : Description Du Système Anticollision TCAS.	
II-1 Introduction	19
II-2 Historique	20
II-3 Généralité Sur Le Système TCAS	21
II.3.1 Définition du système TCAS	21
II.3.2 Les composent du TCAS	22
II.3.2.1 Les antennas	24
II.3.2.2 Le calculateur TCAS	26
II.3.2.3 Les visualisateurs de TCAS	27
II.3.2.4 Le panneau de contrôle ATC/TCAS	29
II-4 Performances De Surveillance	31
II.4.1 Spécification d'établissement de piste menace	32
II.4.2 Probabilité d'établir des fausses pistes	33
II-4.3 Brouillage et Capacité en matière de piste mode S	33
II-4.3.1 Le Brouillage	34
II-4.3.2 Le Fruit	35
II-4.3.3 Whisper-Shout (WS)	35
II-4.4 Système De Classification Des Pistes	36
II- .4.4.1 Piste à taux der variation établi	36
II-4.4.2 Piste à taux de variation non confirmé	36
II-2.4.3 Piste en palier	38

	<i>page</i>
II-2.4.4 Piste nouvelle	38
II-2.4.5 Piste oscillante	38
II-5 Caractéristiques De L'aéronef De Référence Et De L'intrus	38
II-5.1 Caractéristiques de l'aéronef de référence	38
II-5.2 Caractéristique de l'intrus	38
II-6 La Définition Du TA Et RA	41
II-6.1 Performance d'avis de résolution (RA)	42
II-6.1.1 Type d'avis de résolution	42
II-6.1.2 Efficacité de l'avis de résolution	42
II-7 Surveillance Des Intrus	42
II-7.1 Surveillance des volumes proximités	43
II-7.2 La portée	45
II-7.3 Limites de portée du système	42
II-7.4 Précision des mesures de distance	42
II-7.5 Calcule d'altitude	46
II-7.6 Annulation d'avis de résolution	46
II-8 Le temps d'interception TAU	46
II-9 Traitement Des Pistes Images	48
II-10 Test De Dédoublement De Piste	49
II-11 Hystérisis	49
II-12 Le Transpondeur Mode S	49
II-12.1 Concept de base	49
II-12.2 Ce que ça entraîne	50
II-12.3 La Technique Monopulse	51
II-12.4 Appels généraux	52
II-12.5 Compatibilité inter-modes	52
II-12.6 Verrouillage multisite et coopératif	54
II-13 Formats Et Modulation	55
II-13.1 Techniques de modulation	56
II-13.2 De nouveaux formats	56
II-14 Liaison De Données	57
II-14.1 Formats de communication	57
II-14.2 Le sous réseau Mode S	59
II-15 La Relation Entre Le TCAS Avec L'RVSM	59
II-16 La Version 7 TCAS II Mode S	60
II-17 Les avantages particuliers au transpondeur de mode S	60

Chapitre III : Fonctionnement & Exploitation Du Système TCAS Mode S

III-1 Fonctionnement Du Système TCAS	62
III-1.1 Le système logique de résolution de la collision (CAS)	62
III-1.1.1 Traquer une piste	64
III-1.1.2 Test de distance	65
III-1.1.3 La circulation consultative	66
III-1.1.4 Résolution consultative	66

	<i>page</i>
III- 1.1.5 Détection des menaces	66
III- 1.1.5.1 Extension de la surveillance mode S	69
III- 1.1.5.2 Réponses mode S manquantes	70
III-1.1.6 Affichage écran	70
III-1.1.7 Annonciation auditive	75
III-1.2 Les altitudes des RAs TCAS inhibés	77
III-1.3 Surcharge mode S	77
III-1.4 Programmation de la puissance mode S	78
III-1.5 Installation du TCAS	78
III-1.6 Coordination dans le réseau du système TCAS	80
III-2 Exploitation Du Système TCAS	84
III-2.1 La manipulations du TCAS	84
III-2.2 Test du système TCAS	85
III-2.3 Fonctionnement de TCAS dans l'RVSM	89
III-2.4 Pratique du traitement recommandée	92
III-3 Les limitations TCAS	93
III-4 Inspection Et Maintenance Du TCAS	94
III-4.1 Séquence du test prolongé	94
III-4.2 Annonciations échoués	94
III-4.3 Affichage de bus ARINC 429 par le TCAS	95
III-5 Vue Futuriste	96
 Chapitre IV : Simulation.	
Introduction	99
IV-1 Outil de traitement	99
IV-2 Algorithme du développement	99
IV-3 Résultat et commentaire	106
 Conclusion	
	108
 Annexes	
Glossaire liée au TCAS et les Accidents aériens	
Bibliographies	

List Des Figures

<i>Titre de figure</i>	<i>Numéro</i>	<i>Page</i>
Les méfaits imbriqué	1.01	6
Transition des mobiles dans deux sens opposés	1.02	
Les repères des mouvements relatifs	1.03\	7
Les degrés de liberté des bras robotisés à une maquette fixe	1.03\b	8
Carte d'environnement d'un robot mobile	1.04	9
Logique séquentielle	1.05\	
Logique parallèle	1.05\b	10
Porteuse de cargos	1.06	
Circulation routière	1.07	11
Relation entre les couleurs et les distances	1.08	12
Les mouvement des cameras	1.09	13
Procédé de résolution de risque	1.10	16
Diagramme principal du TCAS	II.01\	22
Diagramme de TCAS I	II.01\b	23
Rayonnement d'antenne directionnelle de TCAS	II.02	24
Antenne directionnelle (en dessous & dessus le fuselage)	II.03\	
Antenne omnidirectionnelle (en bas de fuselage)	II.03\b	25
Position d'antenne TCAS	II.03\	
Bloc Calculateur TCAS (TCASC)	II.04	26
Indicateur de vitesse vertical	II.05 a	27
Afficheurs TCAS sur ND et PFD de	II.05\b	28
Afficheurs TCAS dans l'horizon artificiel	II.05 c	
Afficheur de ID dans l'ATC	II.06	29
Panneau de contrôle ATC/TACS	II.07\	30
La face de quelque type de ATC/TCAS	II.07\b	31
Les fréquences des TCAS	II.08	32
Air de brouillage synchronisé	II.09	34
Séquence d'interrogation Whisper-Shout	II.10	35
Critère de détection des menaces	II.11	37
Les volumes TA et RA	II.12	41
Volumes de surveillance	II.14	43
La portée de gamme	II.15	45
Relation ATC/TCAS air sol	III.16	54
Le signal mode S	III.17	54
Diagramme de TCAS-II	III.01	62
Algorithme CAS de système TCAS	III.02	63
Les cibles modes C traquées par rapport au sol	III.03	65
Sélection de sens de RA	III.04	67
Sélection de RA a un passage fermeture	III.05	68
Algorithme d'affichage	III.06	71
Les losanges représentés par le TCAS	III.07	72
Sélection de Above et Below	III.08\	73
Affichage de TA	III.08\b	74
L'exposition des infos TCAS avec la météo	III.08\	

<i>Titre de figure</i>	<i>Numéro</i>	<i>Page</i>
Les altitudes bloquants l'alerte TCAS	III.09	77
Le compartiment de TCASC	III.10\ a	78
Compartiment de composants de TCAS	III.10\ b	79
Diagramme de système TCAS II mode S de A320	III.11	80
Diagramme de TCASC	III.11\ a	81
Diagramme relation CFDIU avec le TCAS	III.11\ b	82
Diagramme de réseau d'afficheur du TCAS	III.11\ c	
Diagramme de relation du TCASC et les warnings	III.11\ d	83
les câbles ARINC429 du ATC/TCAS	III.12	84
La lampe de panne dans le ATC	III.13	85
Le test TCAS sur le ND de B800/600	III.14	86
Le témoin de test dans le TCASC	III.15	87
Affichage de RA	III.16	88
Affichage d'une RAs de deux intrus	III.17	89
Les RAs initiales possibles	III.18	90
Changement de RA	III.19	91
Une RA stable	III.20	92
Limitation de RA	III.21	93
Le testeur RGS2000	III.22	95
L'interface de TCAS KMD550/850	III.23\ a	96
Affichage complexe dans l'écran du TCAS KMD550/850	III.23\ b	97
Objet aéronef	IV.01	99
Les volumes RA et TA	IV.02	100
Les trois niveaux de l'intrus	IV.03	101
Angle de l'intrus	IV.04	

List Des Tableaux

<i>Titre de tableau</i>	<i>Numéro</i>	<i>Page</i>
Causes principales des accidents aériens	II.1	19
Probabilité d'établir de piste	II.2	33
Volumes de surveillance	II.03	44
Variation du volume de surveillance	II.04	47
Hystérésis fixe	II.05	49
Code GILHAM d'altitude mode C	II.06	53
Caractéristiques des impulsions mode S	II.07	56
Groupes des données mode S	II.08	58
Distances estimée	III.01	66
Les RAs initiales possibles	III.02	69
Niveaux de sensibilité et seuils d'alerte	III.03	72
Annonciation auditive de TCAS	III.04	76
les codes de test du TCAS	III.05	94

Résumé:

Ce projet de fin d'études est le résultat d'une recherche bibliographique sur les logiques anticollisions CAS, en général, afin d'arriver à celles des aéronefs virtuels des simulateurs.

Hélas... on a découvert une ressemblance entre les agents anticollisions robotisés et les avions, et bien on a basé sur le système anticollision avionique commercialisé, le plus développé dans le monde d'aviation civile, ce qui fait naître ce modeste travail consacré à la description du TCAS, avec une petite simulation simplifiée du système embarqué en question.

الخلاصة :

رسالة مشروع التخرج هذه هي نتاج بحث بيبلوغرافي حول مناطق تقادي التصادم بشكل مجمل، للوصول أخيرا إلى تلك الخاصة بالطائرات التخيفية في برامج التحاكي.
و ما أن شرعنا في البحث حتى وجدنا تشابها بين مفادي التصادم الخاص بالروبوتات و الطائرات، فركزنا اهتمامنا على الأنظمة الخاصة بالطائرات المدنية المسوقة و الأكثر تطورا، الشيء الذي خلق هذا العمل المتواضع المخصص لوصف نظام مع استعراض لبرنامج مبسط لعمل هذا الأخير.

Summary:

This final project is a result of bibliographic search about anti-collision logic ACL generally, in order to arrive to those of virtuals aircrafts of the simulators.

And then, we have discovered a likeness among the collision avoidance robotical agents and the aircrafts, as well we have based on commercial electronic collision avoidance system CAS, the most developed world of civil aviation, that give rise to this modest work that consecrate the description of TCAS with simplified simulation of this embark system.

RIASSUNTO :

Questo progetto di fine di studi, è il risultato di una ricerca bibliografica sulle logiche anticollisions CAS , in generale; in fine di arrivare a quelle degli aeromobili virtuali dei simulatori.

Ahime, si è scoperto una somiglianza tra gli agenti anticollisione robotizzati e gli aerei; ebbene, si ha basato sul sistema anticollusione avionico commercializzato più sviluppato nel mondo dell'aviazione civile; è ciò che fa nascere questo modesto lavoro, consacrato alla descrizione del TCAS, con una piccola simulazione semplificata del sistema imbarcato in questione.

Intérêt Du Sujet

Le sujet mérite de retenir l'attention pour de nombreuses raisons:

- L'industrie du transport aérien est une industrie de haute technologie, avec une intégration accélère du progrès technique.
- La sur charge de l'espace aérien ; où les est prévue que les 200 principaux compagnies mondiales actuelles achèteront avant l'an 2005 ,9000 appareils pour un montent 450\$ milliards.
- L'accélération des accidents de transport aérien.

Abréviations

AGL	Above Ground level
ASA	Aircraft Separation Assurance
ATC	Air Traffic Control
ATCRBS	Air Traffic Control Radar Beacon System
BITE	Built-In Test Equipment
CPA	Closest Point Of Approach
DPSK	Differential Phase Shift Keying
ELM	Extended Length Message
FWC	Flight Warning Computer
GPWS	Ground Proximity Warning System
LSB	Least Significant Bit
MSL	Mean Sea Level
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PPM	Pulse Position Modulation
RA	Resolution Advisory
SL	Sensitivity Level
SSR	Secondary Surveillance Radar System
TA	Traffic Advisory
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
VSI	Vertical Speed Indicator
RA	Radio-Altimeters

Introduction

Hypothèse et problème!

Après plus de cinq ans d'expérience dans le monde des techniques et des technologies, un choix de thème d'un PFE est toujours un temps de suspension avant la poursuite du chemin... sachant que les sciences aérospatiales sont depuis toujours les plus développées, car les étoiles accroché au cieux excitent la nature humaine et elles la poussent à exploiter l'inconnu lointain ; mais est-elle une cause pour risquer des vies humaines?

Bien sur non. Pour cela l'homme a créé des machines pour le remplacer dans beaucoup de ces travaux, des molaires aux robots.

Mais pour que des aéronefs commandés par des logiques robotisées puissent remplacer l'homme sans problème, il faut qu'ils se fonctionnent dans un environnement proche du notre. Est-il possible ?

Si l'industrielle SONY répond par "oui" après l'expérience des AIBO, dans cette synthèse on va voir un seul problème qui est posé pendant le fonctionnement d'un système mécanique dynamique.

Problème et hypothèse :

Un phénomène vu quotidiennement peut être catastrophique, même si parfois, il peut nous faire rire : *les incidents de collision et d'abordages* ont une grande influence sur les relations sociales, ils peuvent nous faire des amis comme des ennemis, mais c'est entre les vivants. Le phénomène n'est pas pareil pour le matériel mis au point pour nous faciliter nos convoitises.

On n'a pas besoin d'une hypothèse pour le moment tant que le problème est déjà posé depuis longtemps, mais je pose la question à propos de la dernière catastrophe aérienne -11/09/2001- en dehors de toute perspective politique.

Est-ce-que les événements tragiques dûs aux accidents aériens auraient pu arriver si les avions avaient un système anticollision automatique semblable au simulateur ?

On vous invite à découvrir la réponse vous-même dans les quatres chapitres composant ce mémoire :

- Le premier chapitre est une généralisation sur les systèmes anticollisions robotiques.
- Le deuxième chapitre nous décrivons le principe, et les performances des systèmes anticollision TCAS.
- Le troisième chapitre est consacré au fonctionnement, et à l'exploitation du système embarqué TCAS.
- Le quatrième chapitre est une simulation d'une petite partie simplifiée de système en question.

À la fin on terminera par une brève conclusion.

**Généralités sur les systèmes
robotiques.**

I-1 Notions Theoriques :

La vérité est qu'on ne peut pas donner une date précise d'apparition des robots, comme c'est le cas des avions, car les robots étaient purement mécaniques avant l'évolution électronique des années cinquante.

Avec l'évolution des communautés robotiques, le problème d'incident dû à la collision fait appel à la spéculation.

C'est quoi un robot et ces caractéristiques, les collisions et leurs conséquences ?

I-1.1 Définition d'un robots :

Le **Robot** est un appareil automatique capable de manipuler des objets ou exécuter des opérations selon un programme fixe ou modifiable, voir par apprentissage (reconnaissance par apprentissage).

I-1.2 Caracteristiques d'un robot :

les caractéristiques d'un robot se classent selon :

1. la mobilité ou la fixation de la maquette principale (la plate forme du robot).
2. le nombre d'axes libre.
3. le type de motorisation et vitesse.
4. la mission de la machine robotisée qui spécifie tous les paramètres précédents.

I-1.3 Conséquences des collisions :

La **Collision** est le choc de deux corps en mouvement (appelés aussi *abordage* en cas des navires).En aéronautique, on parle d'abordage pour l'accident d'un avion avec un autre au sol et de collision s'il est en vol.

Il existe trois principaux méfaits imbriqués, l'une avec l'autre, reliés au contrôle des objets non naturels¹ qui sont schématisés (fig1.01) comme suit :

1. Approximation de défaillance du fonctionnement nominal des systèmes (Robots).

¹ Hommes, Animaux.

2. Diminution de la sécurité de l'environnement surtout s'il existe des humains dans ce domaine.

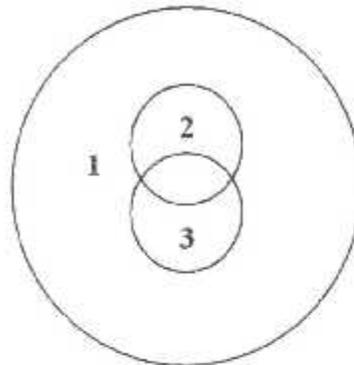


Fig.I.01 : Les méfaits imbriqués.

3. Défaillance des matériels qui nécessitent des ressources financières supplémentaires.

Donc quelles sont les causes des collisions ?

Tous simplement c'est l'intersection des repères de mobiles tel qu'il est défini dans l'exemple suivant:

Dans (fig1.02), le mobile (M1) à transition opposée du mobile (M2) ne peut provoquer une collision même s'ils sont dans deux plans parallèles ; car le mobile (M1) circule dans un plan de niveau 1 à un repère bidirectionnel sur son niveau, et de même pour le mobile (M2) dans le niveau 2. Si on met (M1 et M2) dans le même niveau la collision sera incontournable.

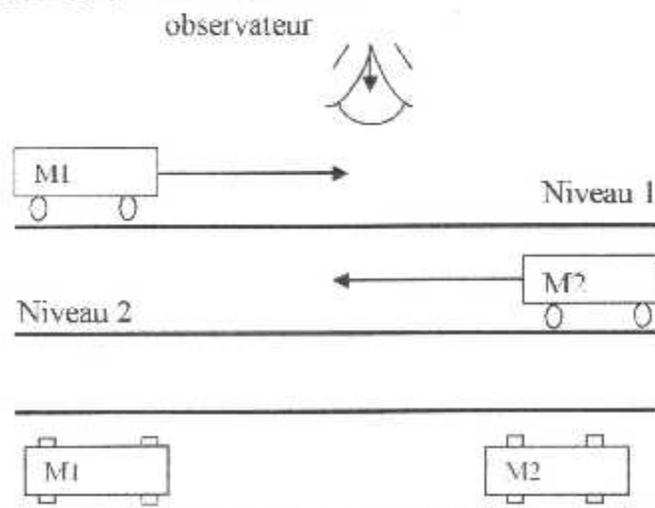


Fig.I.02 : Transition des mobiles dans deux sens opposés.

I-2 Les Reperes Des Robots :

I-2.1 Jeux de repères :

Les jeux de repères sont devenus classiques pour expliquer le phénomène physique grâce à la théorie de la relativité d'Einstein en 1916.

Un repère mobile dans un autre fixe se voit qu'il est fixe, tant que le repère fixe est en mouvement par rapport à lui.

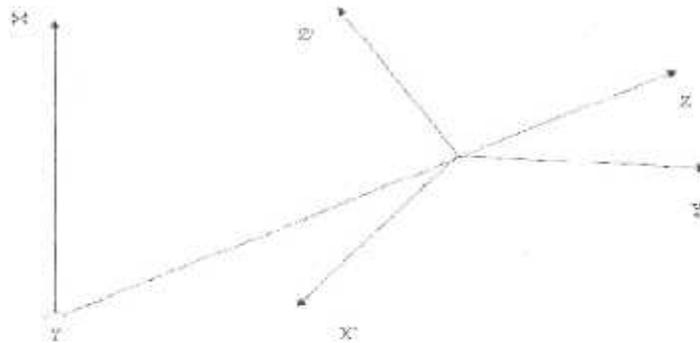


Fig.1.03/a :Les repères des mouvements relatifs.

Si les deux repères bougent en même temps, on ne peut pas détecter la nature de leurs mouvements, sauf par rapport à un repère relativement statique aux deux premiers repères mobiles.

Et c'est bien ce que sent un voyageur dans un train garé en face d'un autre en marche. Donc, connaître la position du mobile dans son environnement, se fait par rapport à des objets relativement fixes dans ce même milieu (système mécanique).

I-2.2 Les robots industriels fixes:

Les robots industriels sont des électromécaniques qui effectuent des manoeuvres séquentielles sans déplacement de leur plate forme.

Dans ce type des robots, il suffit de savoir les limites qui peuvent atteindre les extrémités de leurs bras robotiques et les aménager de telle façon qu'ils ne peuvent pas créer un espace collectif dans un temps donné.

La figure I.03\b indique les libertés d'un robot industriel à trois axes.

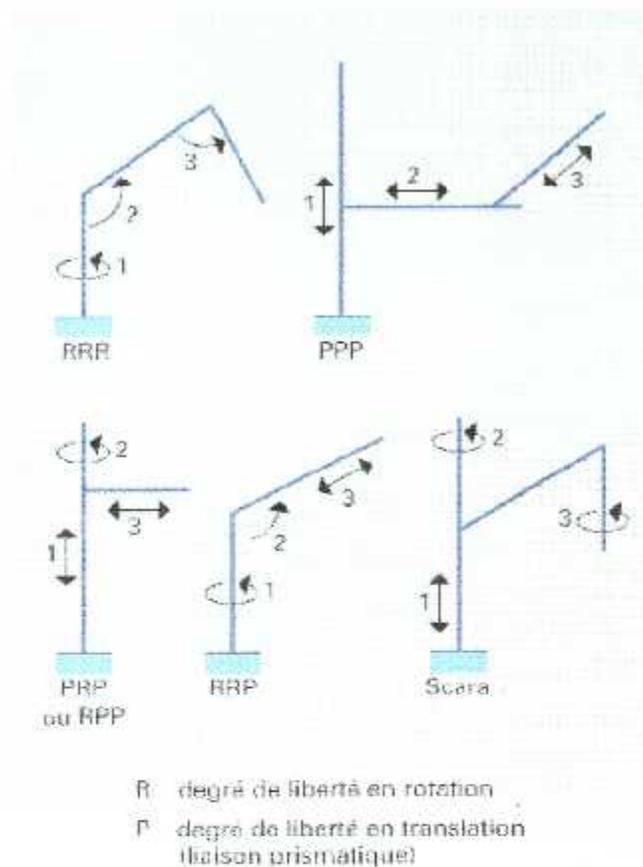


Fig. 1.03/b : Les degrés de liberté des bras robotisés à une maquette fixe.

I-3 Les Capteurs Robots :

On peut distinguer deux types de capteurs utilisés en robotique qui sont :

1. les capteurs électromécaniques :

Largement utilisés dans la robotique, où le mécanisme change l'état d'un circuit électrique ; exemple des capteurs de pression, température, etc.

2. les capteurs électroniques :

Ils sont les plus développés, soit à logique statique stockée dans des circuits électroniques, soit souples dans des logiciels stockés dans les ordinateurs.

Un robot ne peut pas fonctionner sans un programme d'initialisation (état initiale + 1^{er} manoeuvre).

Les capteurs électroniques sont conçus par des éléments sensibles fabriqués essentiellement de semi-conducteurs de telle façon qu'ils soient éveillés à la lumière, à la chaleur, etc. Comme les capteurs seuls ne suffisent pas, la génération actuelle des robots est équipée par une carte d'environnement de leurs fonctionnements tel qu'il l'indique la figure.I.04.

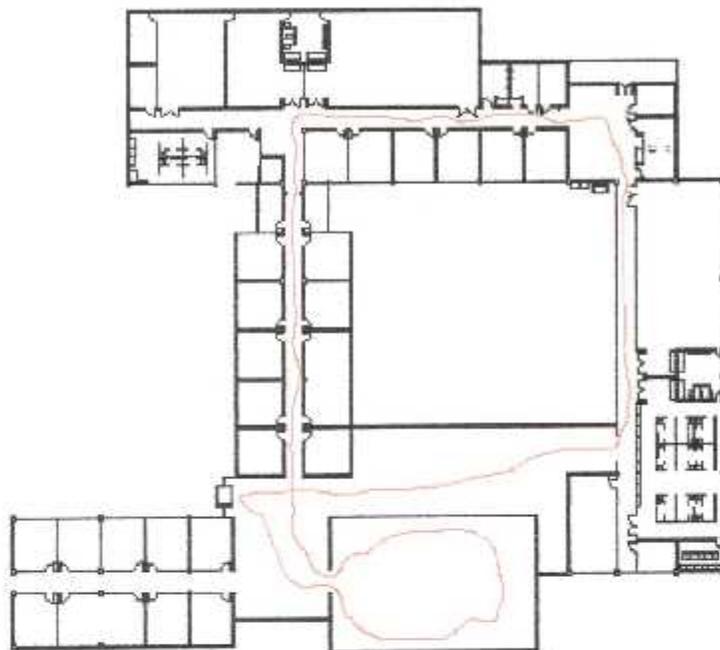


Fig.I.04 : Carte d'environnement d'un robot mobile.

La carte en couleur noire (fig1.04) limite l'espace des manœuvres libres du robot mobile. Cette carte permet de faire la correction permanente de la position reçue par les différents capteurs dans cet environnement afin d'éviter la collision avec les parois structurelles du bâtiment, ce qui donne le trajet figuré en couleur rouge.

Et jusqu'ici la logique est de parcourir une course à la fin du cycle qui l'indiquera le capteur pour faire la tâche successive. Cette logique est dite séquentiellement : le changement de l'état actuel ne s'affecte qu'après l'échevement de l'état précédent.



X : La totalité des cycles ;
A,B,C : Les étapes des cycles.

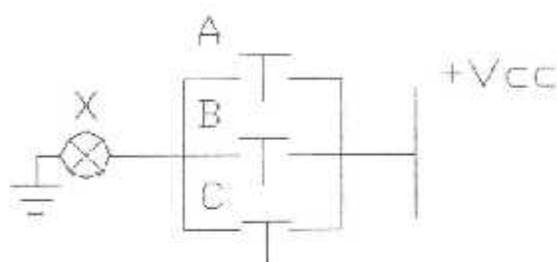
Fig .I.05\ a : Logique séquentielle.

Electriquement, on peut l'assimuler par la fonction suivante (Fig 1 .05\ a) :

$$A * B * C = X$$

Cette logique classique ne convient pas aux robots mobiles qui font, dans la plupart des temps, plus qu'une manœuvre instantanée. Donc, il nous faut une logique électrique parallèle pour obtenir à la fin le même résultat (Fig 1.05b).

$$A+B+C=X$$



X : L'état final à obtenir.

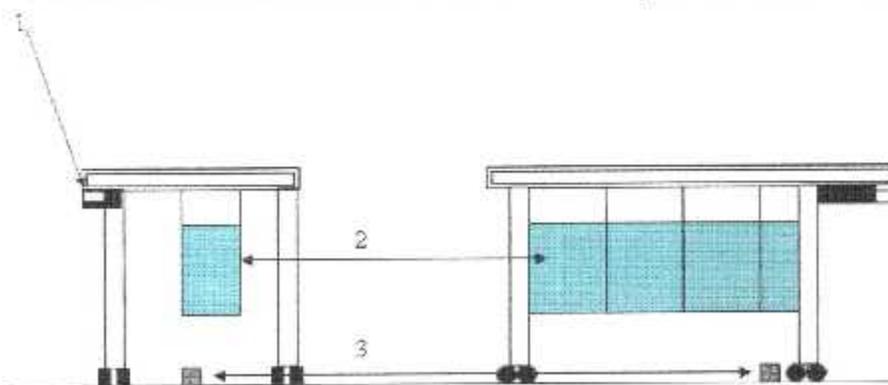
A,B,C : des résolution qui peuvent alumer la lampe X, & qui peuvent être plus complexes que ça.

Fig .I.05\ b : Logique parallèle.

I-4 Solution De Base :

Dans la nature , on trouve trois solutions pour éviter la collision :

1. Le combat : En effet, un combat évite des collisions dans le future, où il est assimilé technologiquement par l'élimination des obstacles (les avions de chasses en cas de guerre).
2. L'inclure : Si les petits poissons se font manger par les grands, on trouve dans les grands port de Tokyo en Japon des camions géants transporteurs des conteneurs dans leurs ventres, où ils peuvent facilement éviter les collisions avec les voitures en les laissant passer entre leurs pieds (Fig.I.06).



- 1) poste de pilotage .
- 2) conteneur .
- 3) une voiture.

Fig.I.06 : Porteuse de cargos.

3. Changement de direction : C'est le changement des coordonnées relativement au temps dans un environnement (par rapport à un repère).

Exemple : une souris peut éviter un chat en restant immobile pendant un certain temps, ce sont des lois qu'on les voit toujours dans les carrefours de nos villes.

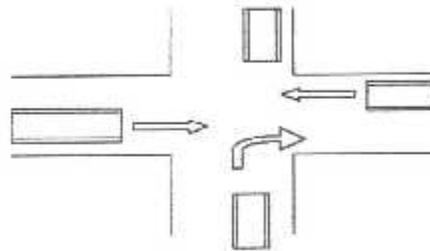


Fig.I.07 :Circulation routière.

Pour éviter des obstacles, on utilise souvent en navigation robotisée des capteurs de distance infrarouge ; ils envoient un faisceau et mesurent l'énergie réfléchi par les objets censés pour fournir une bonne estimation de la distance de l'objet.

Lors d'expérimentation où il a été présenté au capteur deux objets, l'un vert et l'autre rouge, situé à une distance de 25 cm, l'histogramme des mesures enregistrées est représenté sur la figure I.08. La présence de 2 pics révèle une variable hachée au modèle : la couleur des objets. Ces mesures divergent, en effet l'objet vert absorbe plus les infrarouges que l'objet rouge est semble donc plus éloigné.

Pour un modèle classique, la distance de l'objet correspond à la mesure du capteur. Un objet vert à 25 cm sera donc vu à 32 cm, et le robot le percute un modèle probabiliste construit, quand à lui à partir des courbes déduisant des mesures, comme la gaussienne en jaune sur la figure (Fig.I.08) où $39 > x > 41$, qui est une distribution des probabilités sur les distances. Cette estimation de la distance rend ainsi compte de l'incertitude et permet au robot d'éviter la collision.

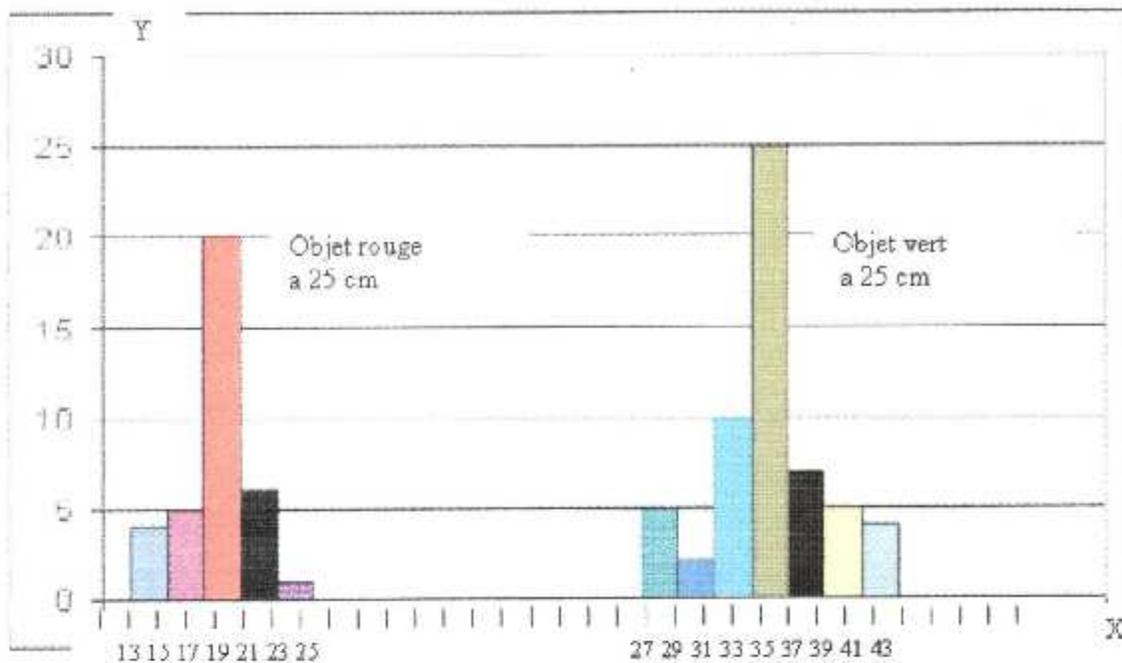


Fig.I.08 : Relation entre les couleurs et les distances.

Le robot perçoit des points de son environnement qui peuvent être représentés par des segments de droites. Le graphe représente les zones où les extrémités des segments ont une probabilité non nulle de se trouver une représentation "polygonale". Cette représentation permet d'expliciter les zones accessibles par le robot qui peut aussi représenter son environnement par une grille d'occupation.

Chaque cellule élémentaire de l'environnement (pixel) a une probabilité de correspondre à un obstacle représenté en gris.

I-5 Utilisation Des Cameras Dans Les Robots:

Les cameras en couleurs captent un spectre lumineux plus large, et il est plus facile à étudier que les capteurs monocouleurs, où deux types de cameras sont utilisés :

- ↳ Camera fixe: par un angle de vue statique par rapport au robot.
- ↳ Camera mobile: d'un angle rotationnelle par rapport au robot à un ou deux niveaux horizontaux et/ou verticaux.

I-5.1 Composantes élémentaires du mouvement des cameras:

Ces composantes sont au nombre de trois :

1- les composants panoramiques du mouvement qui sont liées à une translation pure, c'est -à- dire à un déplacement uniquement horizontal ou vertical de la camera ou de l'objet observé, sans tenir compte du fait qu'ils puissent avancer ou reculer représenté par H -V dans la figure. I.09.

les composants panoramiques du mouvement permettent de mesurer la profondeur relative des points d'une scène en utilisant le fait que les objets proches bougent en valeur relative plus que les objets lointains². Ces mouvements panoramiques permettent aussi de suivre visuellement un objet en mouvement en effectuant une poursuite oculaire.

2- Les composantes en profondeur du mouvement qui sont liées à une translation de l'objet observé ou de la camera le long de la direction du regard, noté P sur la Figure.I.09 permettent de détecter une cible qui s'éloigne (Exp. Une proie) ou qui se rapproche (Exp. Un prédateur), et de mesurer le temps de collision qui est le délai nécessaire pour que la distance en profondeur de la cible à la camera s'annule.

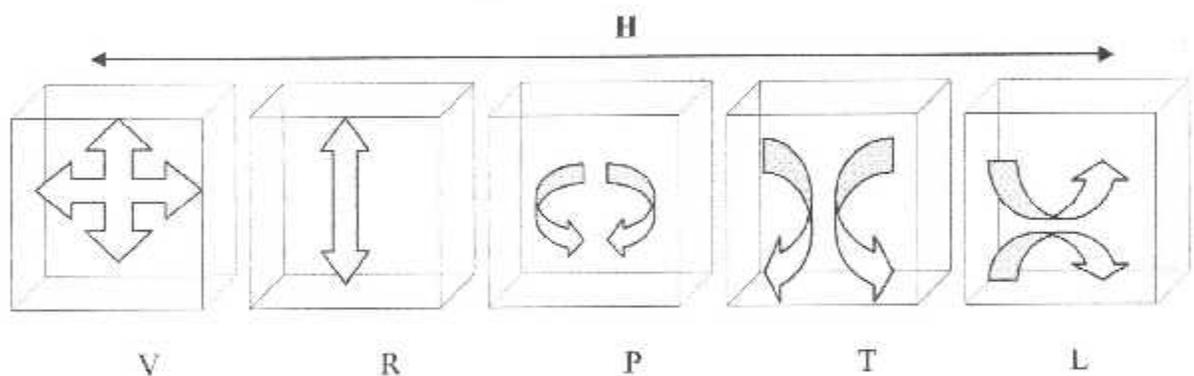


Fig.I.09 : Les mouvement des caméras.

3- Les composantes angulaires du mouvement qui sont liées à des rotations de l'objet observé ou la camera (notée R, T ou T Fig.I.09). Elles peuvent être facilement compensées, ce qui permet de stabiliser l'image d'une vue dynamique.

Le baissement de coût global du capteur et l'augmentation de la vitesse de calcul des processeurs permettent d'installer sur les robots des caméras qui servent à augmenter leur autonomie.

² C'est l'effet de parallaxe

I-5.2 Installation de plusieurs cameras:

Les systèmes dotés de plusieurs cameras permettent d'observer une scène avec diverses résolutions et d'explorer plusieurs stratégies visuelles.

Une telle camera ne sera utilisée que pour contrôler la direction d'avancement, alors que l'autre surveillera le sol pour y détecter des obstacles, etc. Sur un bras manipulateur, on placera à la fois une camera

après pince pour contrôler les mouvements, et l'autre fixe pour analyser la scène ou évoluer le robot.

Selon les applications, ces cameras feront seulement de la reconstruction stéréoscopique ou une analyse de mouvement, et l'usage du zoom leur permet d'émettre la pupille de l'œil humain.

Comme voit un robot équipé par des cameras, la vision artificielle est encore loin, en se fondant sur une approche géométrique, elle parvient à reconstituer un espace en 3D et à détecter des objets.

Les capteurs visuels d'une scène observée utilisent principalement une analyse d'aspect :

1. **Géométrique**: mesure de position d'orientation de la taille d'objet etc.
2. **Cinématique**: détection et mesure des déplacements d'un objet.

Un robot doté d'un système géométrique 3D est capable de reconstruire le reflet du mouvement, donc de l'éviter ou de le suivre, et de reconnaître la verticale pour s'orienter dans l'espace.

I-6 Ressemblance Entre Robots Et Les Systemes Embarques :

les moyens du transport aux instruments de commande automatique embarqués ressemblent aux robots totalement ou partialement automatisé.

selon le but, qui est d'éviter la collision en dépassant la moindre énergie, le plus brièvement possible (Généralement par une seule manœuvre). Et on trouve toujours un ensemble des blocs technologiques d'émetteur-récepteur, calculateur, où dans la plus part du temps on trouve des capteurs visuels qui aident à contrôler les systèmes.

Il y a des lois de priorités qu'il faut respecter pour éviter la collision sans perturber la circulation dans le voisinage du système.

Chaque une des logiques CAS robotisé ou des CAS des aéronef, donne des solutions bidimensionnelles, la première latéralement et la deuxième sur l'axe de profondeur.

Il existe une interchangeabletés de données (Communication bilatérale) entre les systèmes robotiques mobiles de même type comme dans le cas via le ATC pour les aéronefs.

I-6.1 Les CASs des avions :

La navigation aérien a vue plusieurs générations de systèmes anticollisions, soit à autonome homologue, ou lié aux différentes stations de sol. Les radars mis en point en 1940 permet de localiser les lieux de trafic dense, et donc de le contourner.

Le ATCRBS (Air Traffic Control Radar Beacon System), ou le radar secondaire, est un radar embarqué qui permet d'identifier l'aéronef. Le ATCRBS rapporteur d'altitude (mode A) donne une troisième dimension de l'aéronef dans l'espace au lieu que les deux dimensions (distance et direction) données par le radar primaire ou le radar classique de station sol.

Le mode C du radar secondaire est une version plus développée appelée rapporteur de cap, ce mode augmente la précision du système par une dimension relative au nord magnétique Nm. Et comme ce système n'a pas résoudré tous les problèmes de collision, les anglais ont développé un équipement embarqué spécialement pour résoudre le problème en question, appelé ACAS.

Le ACAS fonctionne par les données de ATC mode A et C. Dans les années 80, le mode S qui est un mode plus développé de l'ATC, est mis en point afin de communiquer plus de données que les versions précédentes.

I-6.2 La logique anticollision CAS :

La logique anticollision CAS (Collision Avoidance Subsystem), est basée sur des calculs d'approximation statistiques des collisions produites par des mouvements uniformes accélérés et leurs solutions, à l'aide des interrogations qui détectent la position relative des objets menacés.

Le schéma reprend les relations initiales entre les différents états pendant le développement de la logique anticollision CAS.

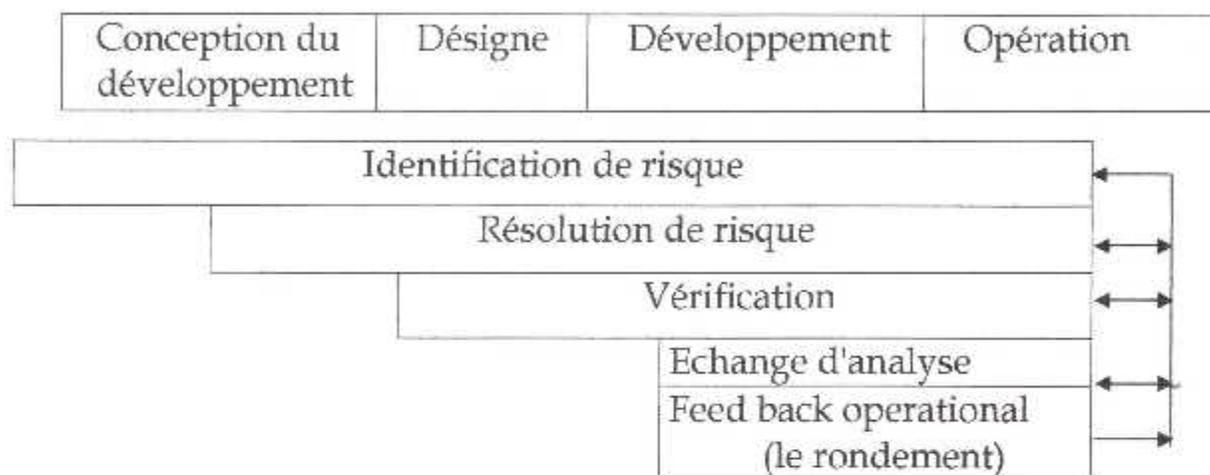


Fig.I.10 : Procédé de résolution de risque.

Le diagramme de la figure.I.10 est utilisé par "Software Engineering Corporation" pour développer:

- **TCASII**
- **Des Robots industriel pour NASA**
- **FMS pour les hélicoptères**
- **FMS pour MD-11**
- **HETE contrôle d'attitude satellite**
- **Plus une parti de conception d'ATC**
- **CTAS PFAST** (final approach spacing tool).
- **MTCD** (Eurocontrol Conflict Detection Tool).
- **STARS** (Raytheon): une petite partie seulement.

Pendant la résolution de risque de tel problème, il faut qu'il soit une liaison directe entre les différents étapes de developpement. La méthode générale de la recherche des solutions est la même pour les systèmes robotiques , avions, hélicoptère, satellits ,etc.

En revanche, il existe des spécifications pour chaque'un d'eux, selon sa condition de fonctionnement, environnement...

En cas de CAS des aéronefs, une spécification d'exigences de sûreté de la circulation aérienne et celle de la navigation aérien en mode VFR ou IRF doit être respectée.

Les américains émettent les différents de ACAS par des versions plus performantes de TCAS. Les TCAS et les ACAS sont des systèmes qui conseillent au pilote des solutions pour éviter les collisions.

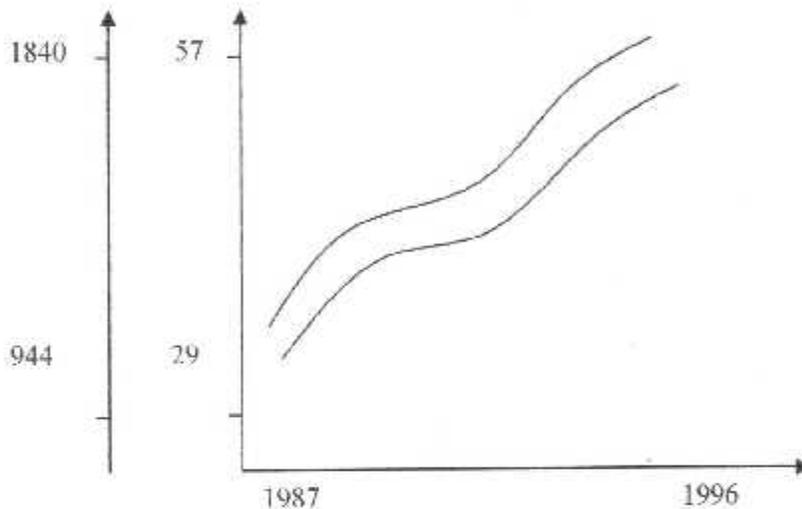
Le chapitre suivant porte plus de détail sur le système anticollision embarqué TCAS.

**Description du système
anticollision TCAS**

II-1 Introduction

Un des domaines où on trouve les systèmes anticollisions les plus développés : c'est en aéronautique, car la surcharge du trafic aérien ne cesse d'évoluer, ce qui augmente la probabilité de collision.

Le graphe ci-dessous présente une pente de statistiques des accidents aériens au monde entre 1987 et 1996 données par JAA.



Gra.II.01 : Les accidents aériens 87/96.

Le tableau ci-dessous représente les répartitions des causes principales des accidents aériens pendant 5 ans en Europe (1991-1996).

Cause principales	Accidents	Victimes
Erreur d'équipage	30	1052
Collision avec le sol	16	373
Conditions météo	10	96
Perte de contrôle	7	582
Panne Moteur/Fen	11	71
Défauts structures/systèmes	5	582
Opérations aériennes	4	210
Maintenances	2	260
Cellules système/Fen	1	110
Erreur de l'ATC sol	1	6

Tableau.II.1 : Causes principales des accidents aériens.

On remarque que les causes reliées au ATC sont les moins tragiques sachant que les accidents au sol forment un cinquième des accidents du trafic aérien. Les anglais inventent des systèmes anticollisions embarqués comme équipement aide navigation pour augmenter la sécurité du trafic.

II-2 Historique:

Le premier radar, conçu pendant la bataille d'Angleterre, n'a pas pour tout d'éviter les collisions, mais d'intercepter les bombardiers Allemands.

Dans les années cinquante, les radars ne pouvaient pas distinguer les avions amis des avions ennemis, ce qui fait appel au développement des transpondeurs par les Anglais pour identifier leurs avions.

Au milieu de l'année cinquante cinq, le chercheur Américain Dr John Morrell de " Corporation Bendix Entreprise ", fait la première études scientifiques sur les causes et les préventions contre les collisions en plein ciel, basées sur le travail de deux Allemands Oswald Boelcke et Max Immelmann qui ont imaginé toutes les manœuvres aériens pendant la première guerre mondiale.

Pendant la même année, ATA a demandé à l'industrie Aéronautique des études sur les systèmes d'évitement de collision.

En 1978, un avion léger a heurté un avion de ligne sur San Diego en Californie, par ce temps les pilotes Américains ont commencé à réchauffer l'idée d'un système d'action d'éviter les collisions. En fin de compte le dernier élan qui a mené à une législation congressionnelle désigne le système anticollision qui alerte le trafic TCAS en 31 Août 1986, est une collision aérienne qui implique DC-9 d'Aeromexico et un avion privé dans l'espace aérien américain sur Cerritos, Californie (proche de l'aéroport International de Los Angeles).

Autre systèmes aident au développement de TCAS les années quatre-vingt: le *ATCRBS* et *ACAS*, où plus de 8000 systèmes TCAS avec plus de 350 logiques anticollisions la majorité sont développées aujourd'hui par les industrielles BENDIX KING, Rock Well Collins et HoneyWell.

Quelle est la différence entre le ACAS et le TCAS ?

L'interface homme transpondeur est connue dans l'aviation commerciale sous l'acronyme américaine TCAS (Trafic Collision Avoidance System), système d'évitement des collisions du trafic ou celui adopté par l'OACI (Airborne collision Avoidance system ; système d'évitement des collisions en l'Air). Annoter que comme dans beaucoup de domaines, les Américains sont les initiateurs de ce

système ce qui tombe sous le sens quand on connaît la densité de trafic de certaines de leur TMA.

— Le SICASP d'OACI (SICASP : SSR Improvements and Collision Avoidance Panel) a reconnu que le système anticollision embarqué ACAS ne peut pas résoudre tous les collisions possibles, cependant que l'usage d'ACAS est supposé de réduire le risque de collision avec le mode C/S considérablement.

II-3 Généralité Sur Le Système TCAS:

II.3.1 Définition du système TCAS:

Le TCAS est les initiales des mots anglais américain Traffic alarm & Collision Avoidance System : Alerte de la circulation à la proximité et Système de l'Action d'éviter la Collision.

Le TCAS est un système anti-collision qui obtient une homologation de navigabilité où sa génération dépend du ATC. Il alerte la menace du trafic et fournit la manœuvre verticale qui est consultatif au pilote pour éviter des collisions mi-traffic.

Dans les années 80, à la suite du développement du prototype dans les années 60 et 70, la FAA américaine a approuvé le premier système TCAS.

Trois niveaux de TCAS de la FAA ont été envisagés, à savoir TCAS I, TCAS II et TCAS IV. (Note: pour le TCAS III le développement n'a pas été poursuivi.) Ces mises en oeuvre correspondent à ACAS d'OACI niveaux I, II et III.

TCAS I fournit une exposition du point du vol de circulation dans les environs et si approprié, alerte le pilote qu'un avion présente une menace potentielle en produisant une Circulation Consultatif (TA).

TCAS II fournira des TAs et, si le système calcule un risque de collision avec un avion intrus qui est équipé par un transpondeur rapporteur d'altitude ou TCAS, il recommander l'action (les manœuvres) d'éviter, dans le plan vertical au pilote en produisant une Résolution Consultative (RA). * La collision

Le développement du TCAS IV a été cessé. Il avait été projeté pour inclure une capacité pour fournir une résolution horizontale en plus que la résolution verticale fournie par TCAS II.

Seulement le TCAS I et le TCAS II sont disponibles actuellement. Les premiers versions du TCAS I ne fournit pas un conseil de l'action d'éviter la collision et par

conséquence n'a pas été mandaté pour l'usage dans les états ECAC (european civil air cessions).

Le TCAS II mode S version 7 se conforme avec ACAS d'OACI niveaux II Standards And Recommended Practices (SARPs).

Le TCAS IV est devenue T²CAS âpre l'année 2001.

II.3.2 Les composant du TCAS:

Le système anticollision TCAS est composé principalement par des éléments avionique embarqués suivants:

- Deux antennes.
- Unité calculatrice TCAS.
- Visualisateur.
- Un panneau de contrôle ATC mode A, C ou S.

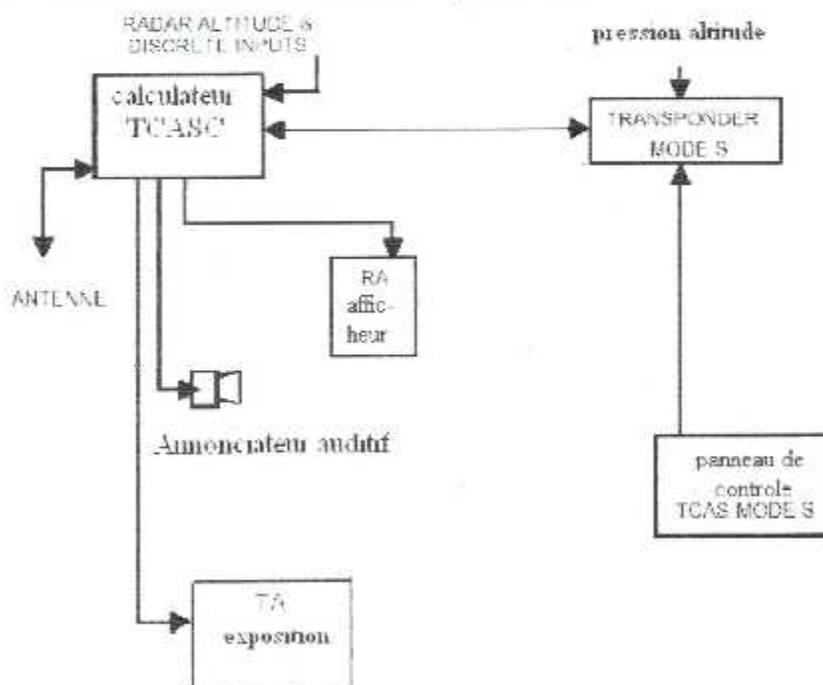


Fig.II.01/a : Diagramme principal du TCAS.

Ce système a plusieurs options. La figure.II.01 montre les éléments qui forment le système TCAS, où ses options encadrées en lignes discontinues, sont vus sur la figure II.01/b.

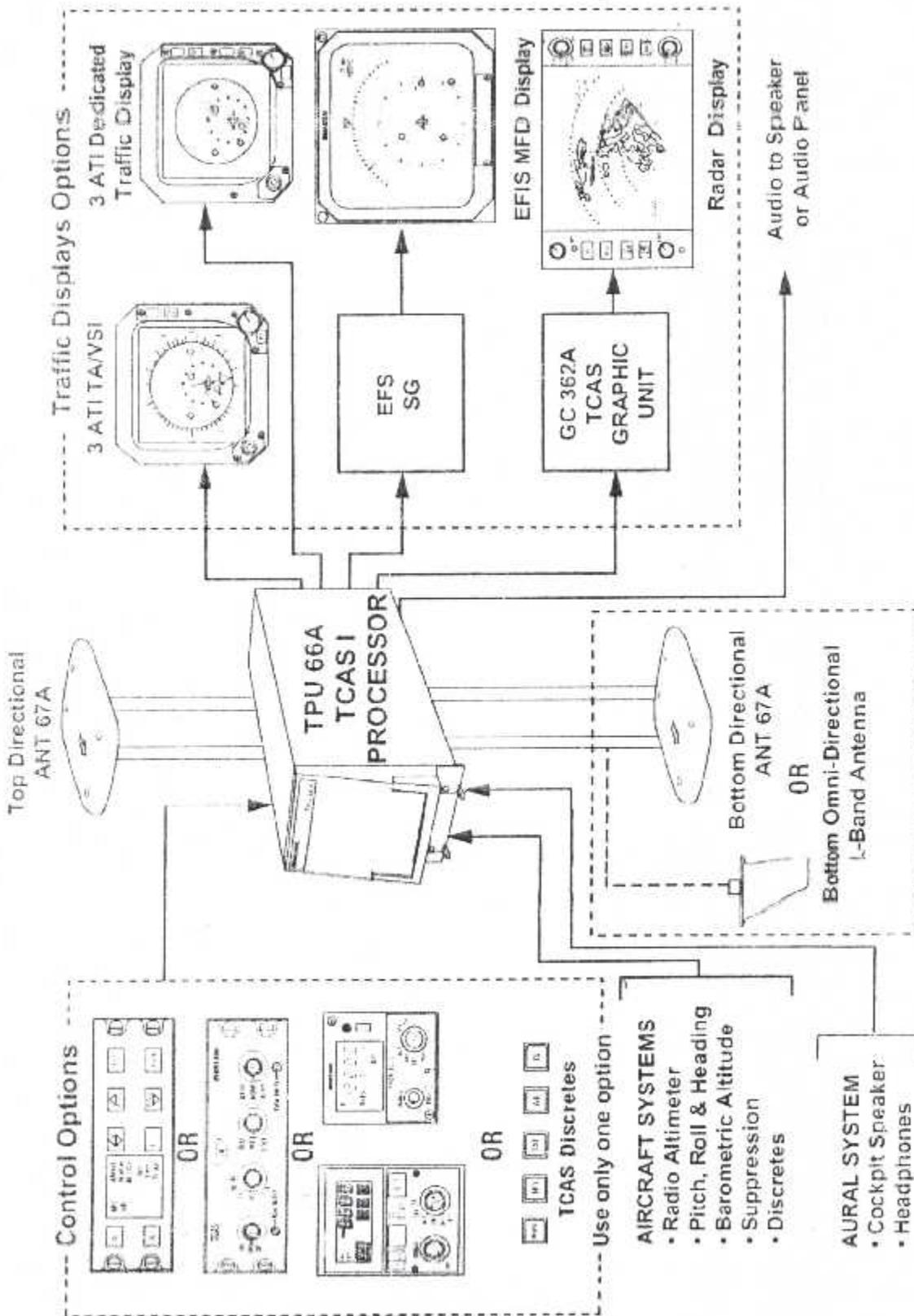


Fig.II.01\fb : Diagramme de TCAS I.

II.3.2.1 Les antennes:

Les antennes TCAS permettent de rayonner les interrogations TCAS à 1030MHz, et de cliqueter les réponses des ATC des avions proches à la fréquence de 1090MHz.

Les deux antennes du TCAS, une directionnelle est placées au-dessus du fuselage de l'avion, tant que pour les antennes montées au dessous du fuselage, on peut trouver soit le même type, soit des antennes omnidirectionnelles (fig.II.01).

Les antennes directionnelle comprennent un exposant de quatre gouvernails passifs, et des éléments de rayonnement montés à $(0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{2\pi}{3} [rad])$.

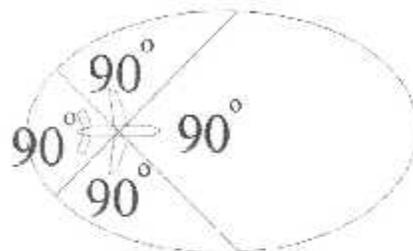


Fig.II.02 : Rayonnement d'antenne directionnelle de TCAS.

Les deux figures.II.03 suivant représentent les deux formes des antennes, directionnelles, et omnidirectionnelles des TCAS.

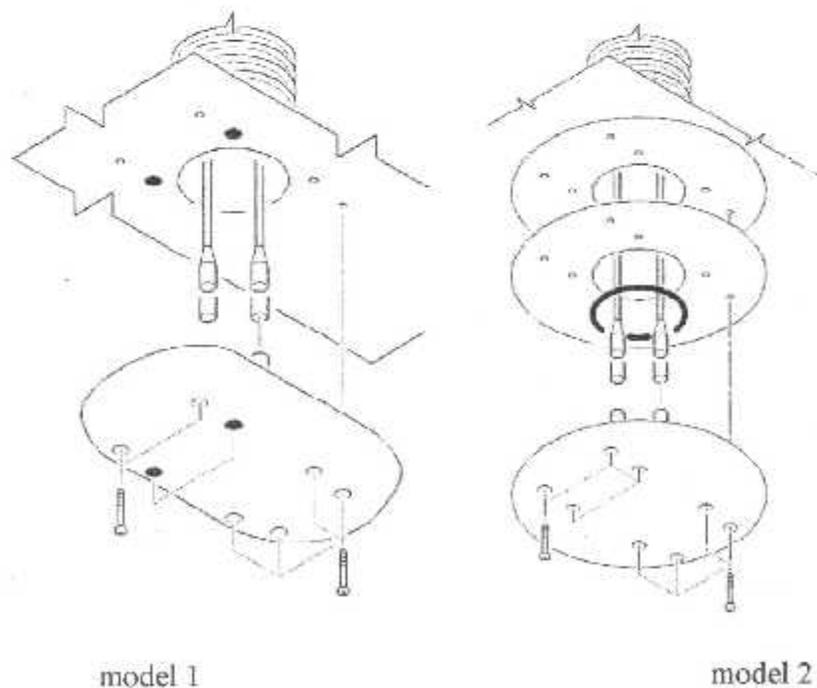


Fig.II.03\ a : Antenne directionnelle (en dessous & dessus le fuselage).

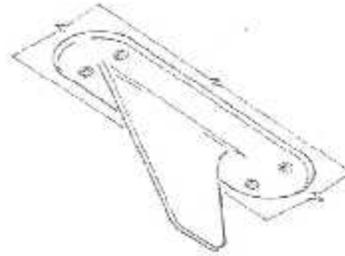


Fig.II.03\b : Antenne omnidirectionnelle (en bas de fuselage).

A titre d'exemple la figure II.03\c ci dessous schématise le positionnement des aériens TCAS sur les avions de type A310 (Airbus 310).

L'antenne A d'en dessus, et B celle d'en bas du fuselage; sont soit parallèles de même niveau soit a deux niveaux latéralement séparés.

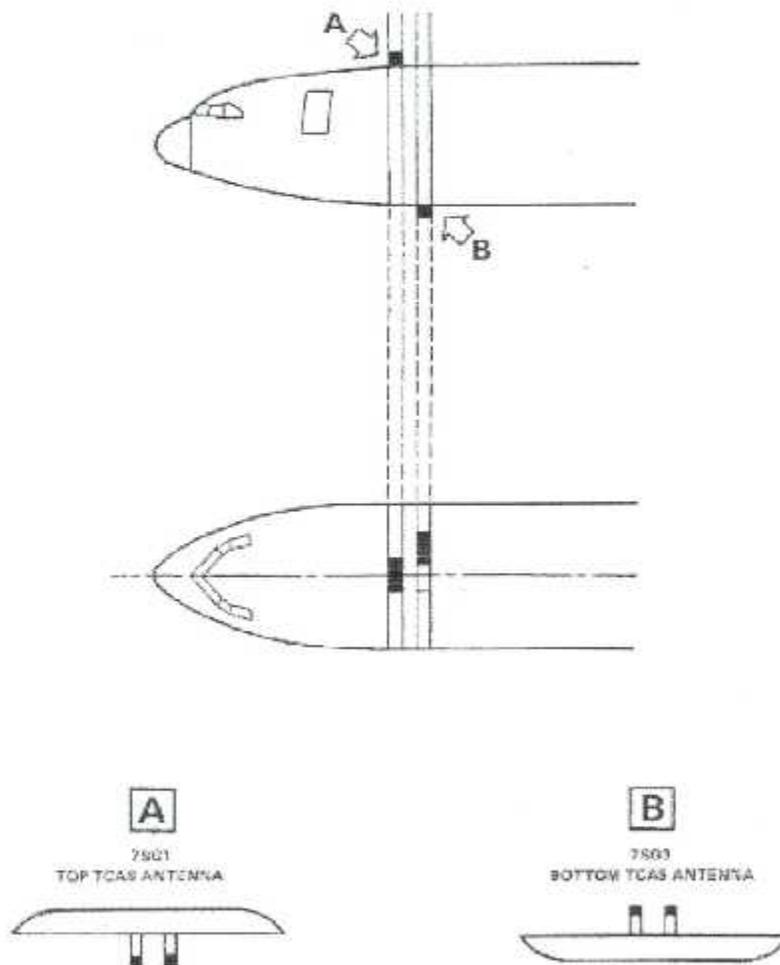


Fig.II.03\c : Position d'antenne TCAS.

II.3.2.2 Le calculateur TCAS : (TCAS Computer TCASC)

Le calculateur TCAS, est un ordinateur qui gère le fonctionnement total du système anticollision TCAS, pour assurer le trafic en vol.

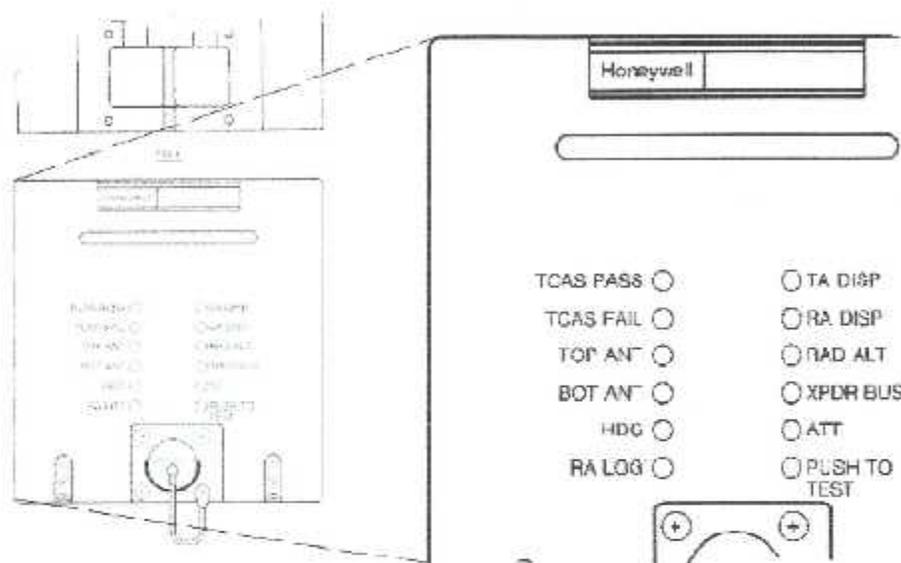


Fig.II.04 : Bloc Calculateur TCAS (TCASC).

Ce calculateur insère deux fonctions principales :

- La fonction de la transmission et la réception pour l'acquisition de l'intrus ;
- La fonction du calcul pour le contrôle d'opération.

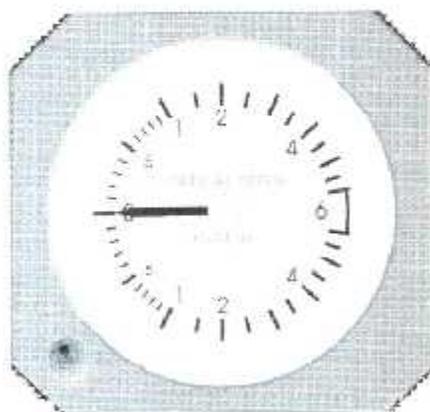
II.3.2.3 Les visualisateurs de TCAS:

Les visualisateurs des systèmes embarqués TCAS sont des interfaces sorties qui facilitent la compréhension des résultats traités par le TCASC.

Malgré que les écrans de TCAS se différent de forme, il est rare qu'on utilise des écrans de tube cathodique contrairement aux visualisateurs cristallisés. Une combinaison d'affichage, par les instruments embarqués suivants, donne l'information du trafic géré par le bloc TCASC.

- a. Bloc variomètre, soit dans l'indicateur de vitesse verticale TCAS (VSI: Vertical Speed Indicator) .(figII.05\ a)
- b. ND: Navigation Display. (figII.05\ b)
- c. PFD: Primary Flight Display. (figII.05\ b)
- d. Horizon artificiel. (figII.05\ c)

L'étape d'affichage des consuel est une étape très important, car la validité des données affichées, représente la validité de résolution gérée par le TCASC.



FigII.05\ a : Indicateur de vitesse vertical.

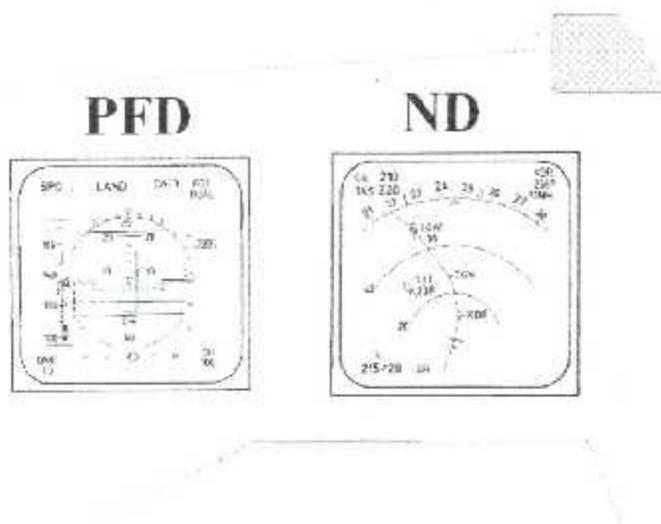


Fig.II.05\b: Afficheurs TCAS sur ND et PFD de.

Les NDs présentent l’allocation d’un intrus dans la zone du trafic. Les PFDs présentent les indications des manœuvres (anticollision) dans l’échelle VSI (l’indicateur de vitesse verticale).

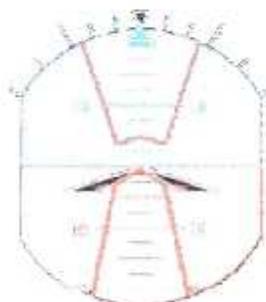


Fig.II.05\c : Afficheurs TCAS dans l’horizon artificiel.

II.3.2.4 Le panneau de contrôle ATC/TCAS :

Le panneau de contrôle ATC /TCAS, permet de contrôler le système TCAS bien que le transpondeur ; à l'aide des sélecteurs des ATC, et les modes TCAS.

Le transpondeur est relié au TCAS pour génère le code d'adresse ID qui à pour distinguer les avions pendant le trafic.

Les données communicatives de TCAS des plusieurs aéronefs dépendent de L'ATC. Ces données sont :

- ATC mode A: donne une identification de l'aéronef codé sur 4 bits.
- ATC mode C: sur une combinaison de codage entre (8-16 bits) on a une interchangeabilité des données mode A plus la données RA (radio altimétrique).
- ATC mode S: code de plus de 32 bits ASCII.

Le mode S a été conçu en tant que complément évolutif au système de balise radar de contrôle de la combinaison aérien (ATCRBS).

Le code ATC est en 4 bits où chaque code a une signification, pour les trois modes A, C, S les numéros assignés sont exprimé en octale.

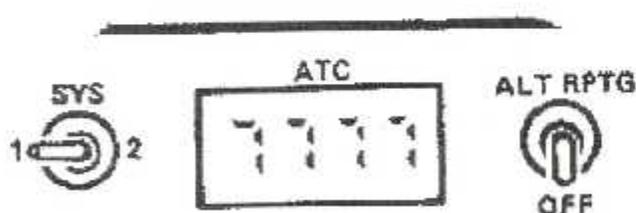


Fig.II.06 : Afficheur de ID dans l'ATC.

Exemple : le code "7600" pour signaler qu'il y a une panne de radio communication; et le "7700" pour l'urgence.

La figure II.07 représente le panneau de contrôle d'un transpondeur ATC /TCAS mode S.

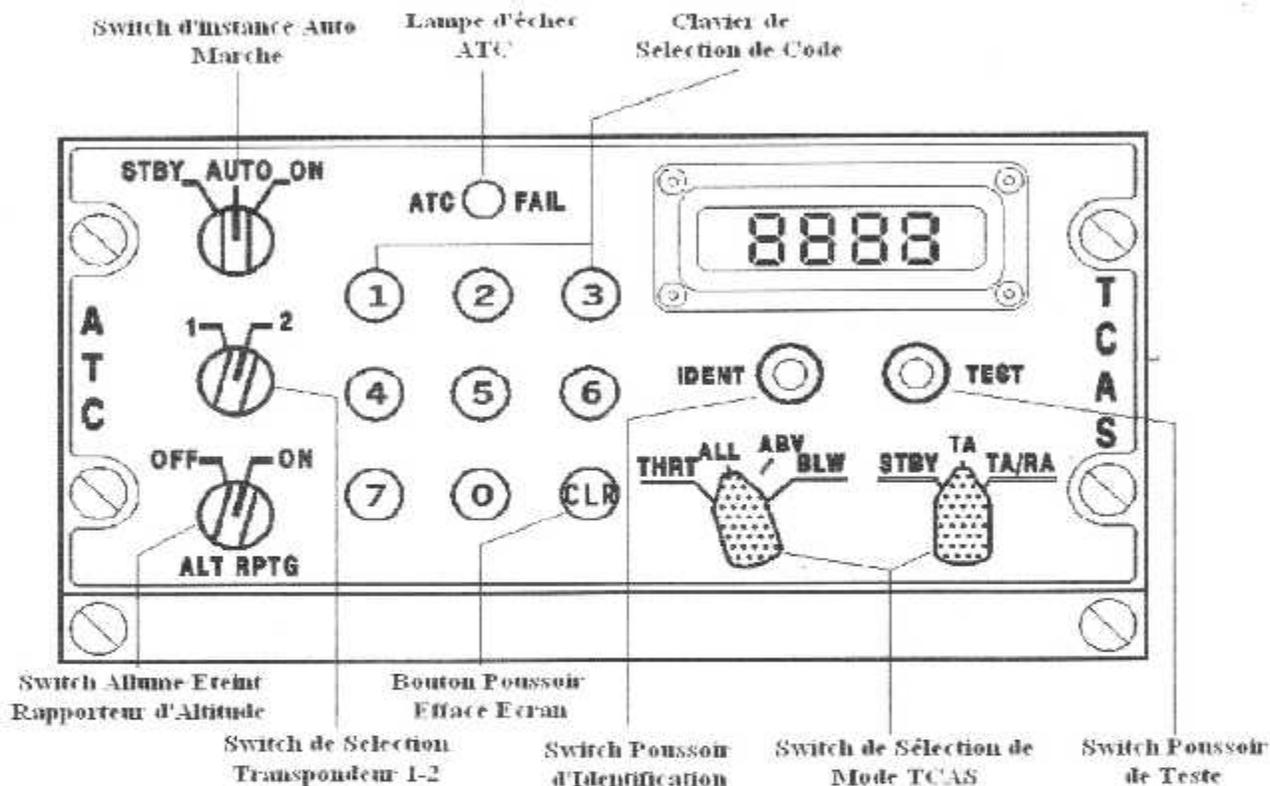


Fig.II.07.a : Panneau de contrôle ATC/TACS.

Il existe plusieurs types de panneau de contrôle qui permettent la commande du système anticollision TCAS, la figure (fig.II.07.b) représente la ressemblance de quelque types d'aux.

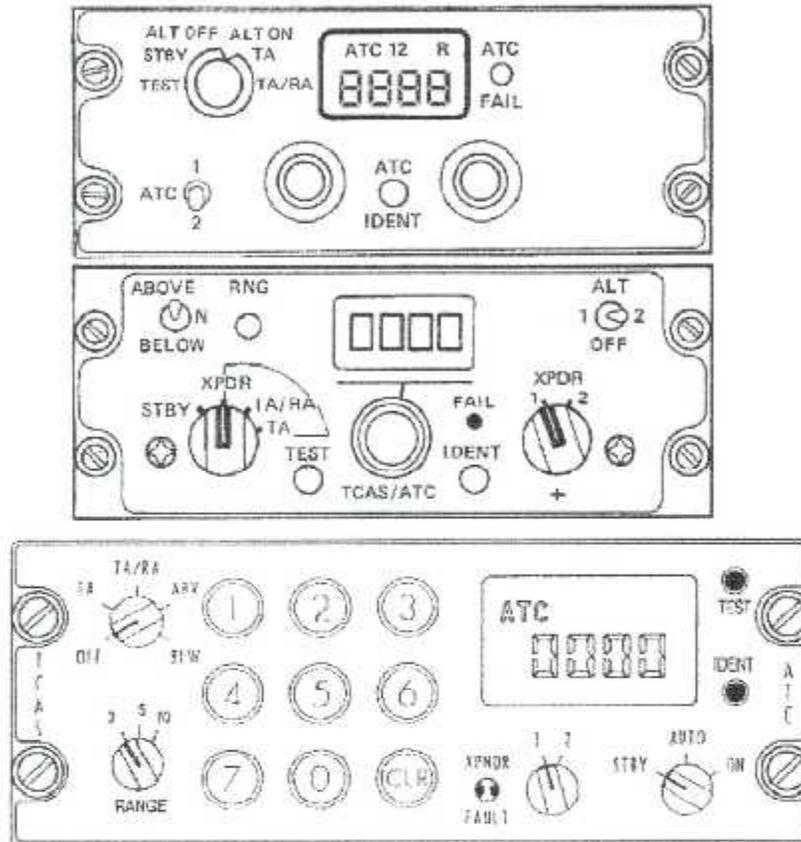


Fig. II.07/b : La face de quelque type de ATC/TCAS.

II-4 Performances De Surveillance:

Le TCAS interrogera les transpondeurs des avions de $1 \pm 0.5s$ à l'aide du mode S, ce dernier à des caractéristiques particulières à s'avoir qu'un code d'adresse unique est assigné à chaque aéronef et qui est diffusé par transmission sans interrogation à un niveau de puissance $54 \pm 2dB.m$ à 0° du site par rapport à longitude de l'aéronef pour une interrogation primaire.

Les interrogations et les réponses sont faites en deux fréquences différentes.

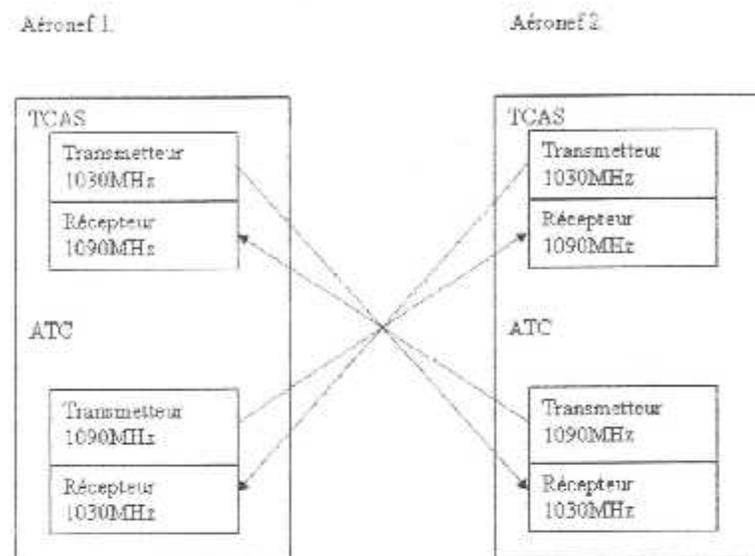


Fig.II.08 : Les fréquences des TCAS.

II.4.1 Spécification d'établissement de piste menace :

Le TCAS génère une piste avec une probabilité de moins de 0.90 établie avant 30 s. de CAP (**le point de rapprochement maximal**) avec l'intrus.

En cas de détection de menace, le TCAS émet 500 interrogations par seconde, et il peut recevoir 240 réponses par seconde en mode A/C. Et voici quelques exigences du TCAS permettent la détection des pistes menaces.

- la distance oblique minimale est égale au moins à 300 m (\cong 1000 pieds).
- La vitesse de direction de rapprochement de ces avions, et la densité locale dotés d'un ATC mode S.
- L'angle de site de ces avions ne dépasse pas ± 10 degrés par rapport au plan défini par l'axe longitudinal transversal de l'avion TCAS.
- Le taux de variation d'altitude de ces avions est inférieur ou égale à 51 m/s (1000ft/mn).

Les Spécification d'établissement de piste menace dépend des vitesses de rapprochement et le volume de trafic surveillé comme elle est spécifiée dans le tableau

II.4.2 Probabilité d'établir des fausses pistes:

Pour le mode A/C la probabilité des fausses pistes est $< 10^{-2}\%$.

Pour le mode S elle est $< 10^{-6}\%$ même si le trafic est surcharge.

Ces performances citées ci-dessus dans le tableau.II.2 sont celles de ACASII mode S équivalent au TCASII du même mode.

Conditions						performances			
Quadrant		Densité de Circulation maximale		Nombre maximal d'autre TCAS moins de 56 Km (30 MN)		Probabilité de réussite			
Avant	Latéral							arrière	
Vitesse de rapprochement maximale									
m/s	kt	m/s	kt	m/s	kt	Aéronef/ Km ²	Aéronef/ Km ²		
200	500	150	300	93	180	0,87	0,30	30	0,90
620	1200	390	750	220	430	0,017	0,06	30	0,90

Tableau II.2 : Probabilité d'établir de piste.

Le TCAS n'établira pas de piste pour les aéronefs mode S qu'ils se trouvent au sol, il continuera à assurer la surveillance même si dans le cas où l'une des limitations définies au dessus est dépassée et cela sans provoquer aucune diminution de la probabilité d'établissement de piste.

II-4.3 Brouillage et Capacité en matière de piste mode S :

Lorsque la densité de la circulation a la valeur nominale de 0.087 aéronefs mode S par Km² (0.3 aéronef par NM²) dans le voisinage de l'aéronef TCAS ou ACAS, il y aura environ 24 aéronefs dans un rayon de 9.3Km (5 NM) de l'aéronef ACAS et environ 142 aéronefs dans un rayon de 56Km (30 NM). Par conséquent, la capacité de l'équipement ACAS devait être d'au moins 150 adresses d'aéronefs.

Un moyen d'estimer le gisement ne s'impose pas pour la surveillance mode S dans les zones à forte densité. Cependant, si le gisement estimé est disponible, il semble que l'emploi d'interrogations mode S directives réduise sensiblement la puissance nécessaire à l'émission. Des interrogations mode S directives peuvent servir aussi en l'absence de gisement, pourvu que les limites de brouillage ne soient pas dépassées.

Le gisement estimé peut servir, en même temps que la vitesse propre de l'aéronef de référence, à réduire la cadence globale des interrogations mode S. ci-dessous un moyen d'effectuer cette réduction.

Au lieu de calculer le délai de mise en danger en partant de l'hypothèse prudente selon laquelle si les deux aéronefs poursuivent leur vol il y aura collision frontale, on peut augmenter le délai de mise en danger en tenant compte du gisement de la menace et de la vitesse du virage limité de l'aéronef de référence en comptant le délai qu'il faudra à cet aéronef pour se tourner vers la menace. Pour les calculs, on continuera à supposer que la cible se rend directement, à sa vitesse signalée, au point de collision.

II-4.3.1 Le Brouillage :

Souvent l'interface des temps est causé, par les réponses multiples de différents transpondeur à une seule interrogation, ce produisant au même moment. Cela se produit quand les transpondeurs des aéronefs sont à des distances égales de l'interrogateur. Parce que ces réponses se produisent à un rapport de temps fixe avec la source de l'interrogation, elles paraissent être synchronisé et sont par conséquence envoyées comme une interface synchronisée ou comme le brouillage.

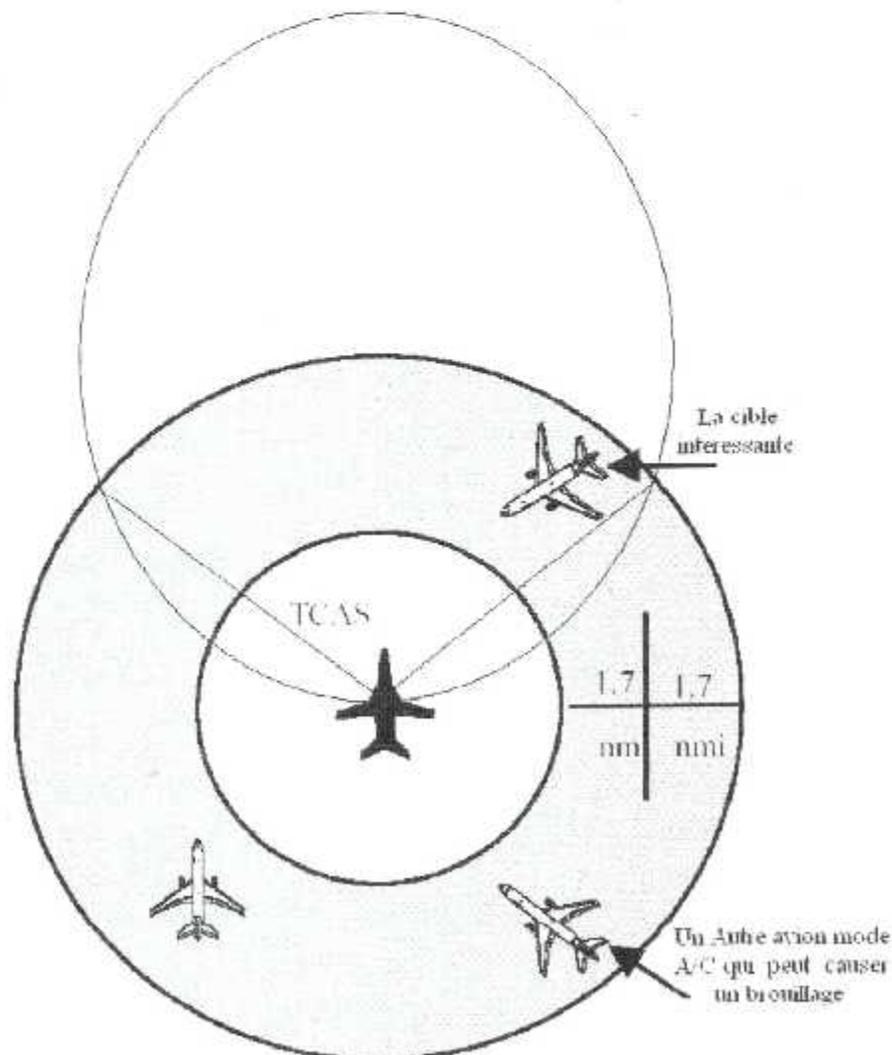


Fig.II.09 : Air de brouillage synchronisé.

II-4.3.2 Le Fruit :

Quelques réponses sont des réponses non désirées comme celle qui résultent de l'interrogation par un autre aéronef ou le rapport des surveillances des espaces est chevauchés ces réponses non demandées causent interférence quand elles sont reçues au même moment comme une réponse synchronisée valable à une interrogation locale. Ce type d'interférence est appelé le "fruit".

II-4.3.3 Whisper-Shout (WS):

Le système TCAS utilise une technique de réduction d'interférence pour limiter les interférences associées à l'interrogation *appel général* avec l'ATCRBS (Air Traffic Control Radar Beacon System) modes A/C. Il réduit le nombre de transpondeur répondant à l'unique interrogation.

Du fait que l'émission de suppression est toujours de plus faible puissance que l'interrogation qui suit, on appelle cette technique la technique *Whisper-Shout (WS)*, durant la séquence WS le processus TCAS émet séquentiellement quatre rayonnements directionnels de 90 degrés par l'extrémité des antennes directionnelles. Une fois par seconde le système TCAS génère un cycle à travers 24 mesures de séquence WS.

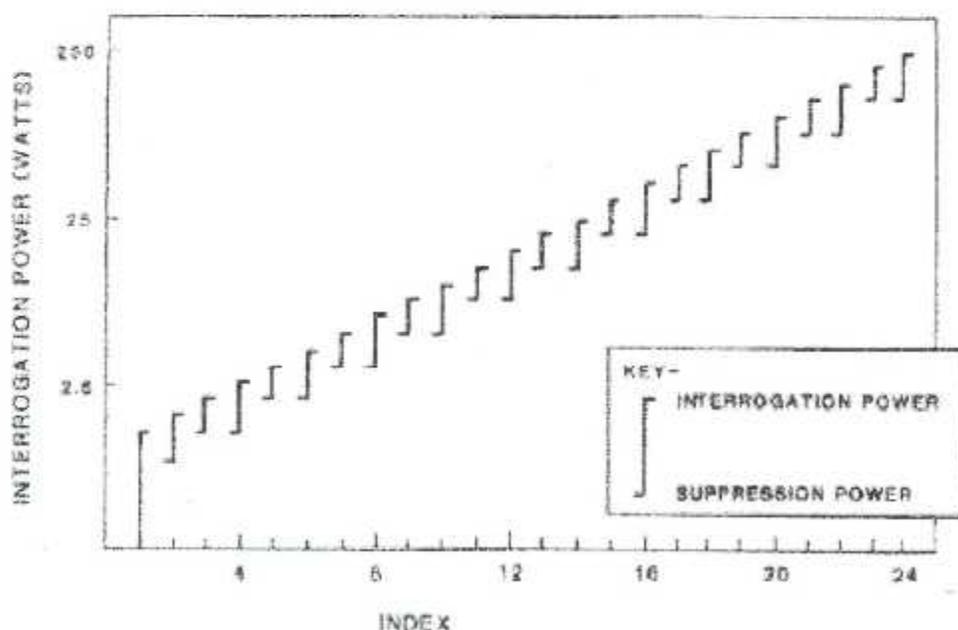


Fig.II. 10: Séquence d'interrogation Whisper-Shout.

II-4.4 Système De Classification Des Pistes :

Les pistes sont détectées soit en rapprochement d'altitude et champ, soit en rapprochement de temps ou distance (fig.II.11).

Il suffit qu'une classe soit détectée pour que la piste sera suivie en suite déclare un intrus, trafic ou menace.

II-4.4.1 Piste à taux de variation établi :

Une piste de données d'altitude est dite à taux de variation établi si deux ou plusieurs transitions consécutives sont observées dans le même sens et si le temps entre les deux transitions n'est pas assez long pour que la piste soit dite en palier (voir la définition de « piste en palier ») durant cet intervalle, ou si une transition observée est contraire à une tendance existante et que le temps écoulé depuis la dernière transition est plus bref que prévu.

II-4.4.2 Piste à taux de variation non confirmé :

Une piste de données d'altitude est dite à taux de variation non confirmé si une transition se produit pour une piste nouvelle ou une piste en palier ou si se produit une transition contraire à la transition précédente et qu'il y a en franchissement de plus d'un niveau pour une piste à taux de variation établie, une piste oscillante ou une piste à taux de variation non confirmé.

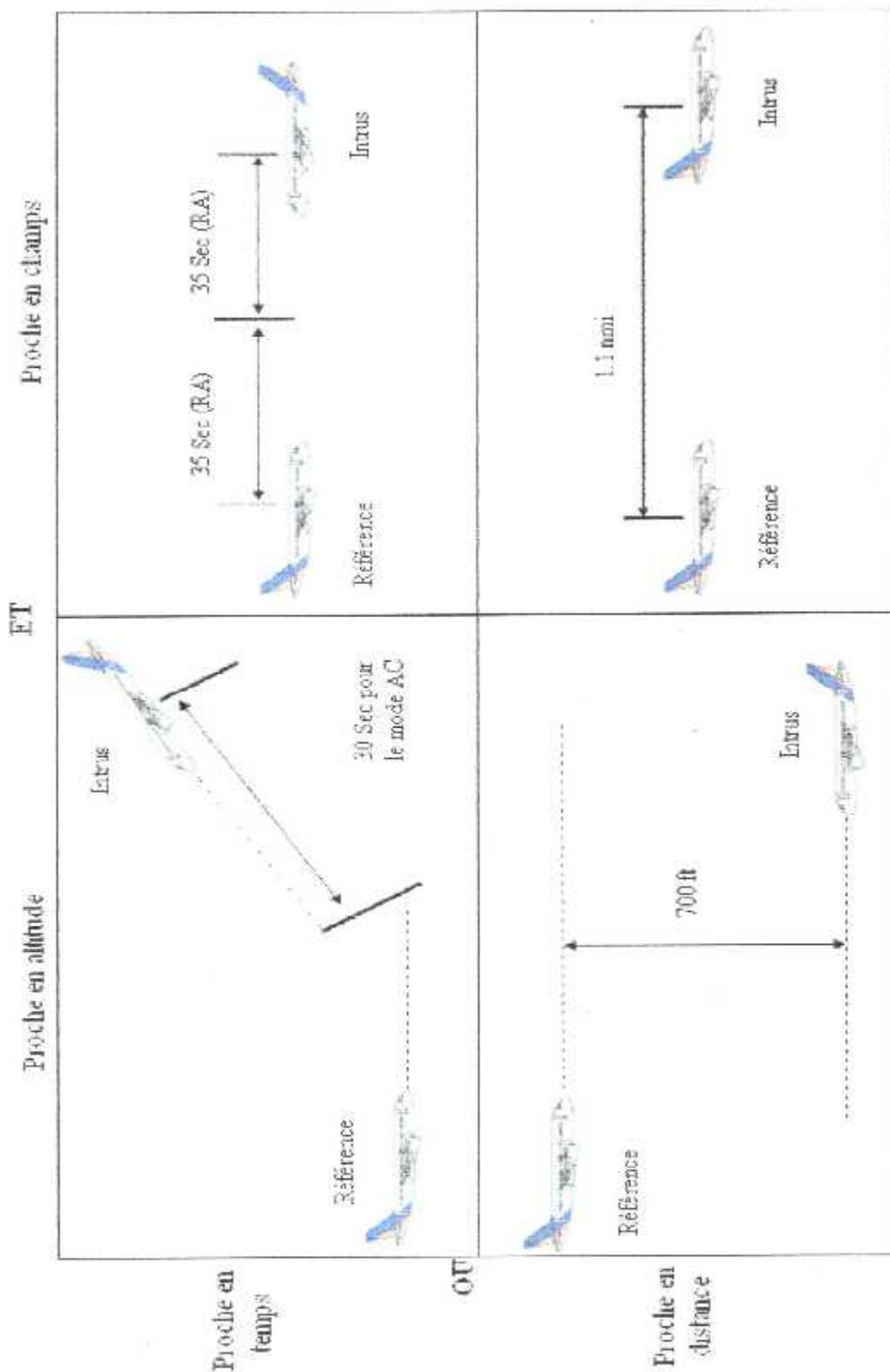


Fig.II.11 : Critère de détection des menaces.

II-2.4.3 Piste en palier :

Une piste de données d'altitude est dite en palier si des comptes rendus sont reçus au même niveau pendant une période plus longue que T1 après l'instant où devait se produire la transition suivante, si on en attendait, ou pendant une période plus longue que T2 soit écoulé.

II-2.4.4 Piste nouvelle :

Une piste de données d'altitude est dite nouvelle soit durant l'intervalle qui sépare l'instant du premier compte rendu d'altitude de la première transition, soit jusqu'à ce que T2 soit écoulé.

II-2.4.5 Piste oscillante :

Une piste d'altitude est dite oscillante si une transition se produit au sens opposé à celui de la transition qui précède immédiatement, si un seul niveau a été franchi, si le temps entre deux transitions n'est pas assez long pour que la piste soit dite en palier (voir la définition de « piste en palier ») durant cet intervalle est, si cette piste était dite à taux de variation établi, si le temps écoulé depuis cette transition n'est pas « plus bref que prévu ».

II-5 Caractéristiques De L'aéronef De Référence Et De L'intrus:

II-5.1 Caractéristiques de l'aéronef de référence :

Un minimum d'informations de l'aéronef de référence qui peut définir une menace :

- a. Altitude z_0
- b. Taux de variation d'altitude: Δv
- c. Niveau de sensibilité du TCAS de référence : S

II-5.2 Caractéristique de l'intrus :

Les caractéristiques de l'intrus concernent :

a) transpondeurs équipant les intrus :

Le TCAS émet des avis de circulation et des avis de résolution (voir plus loin) au sujet d'aéronefs dotés de transpondeurs modes A/C et mode S signalant l'altitude. Le TCAS ne peut générer d'avis de résolution pour les aéronefs qui sont dotés de transpondeur SSR mais pas d'anti-codeur parce que en absence de données d'altitude toute évaluation du risque de collision est impossible. Au sujet de tels aéronefs, l'équipement TCAS ne peut générer que des avis de circulation qui indiquent les données de distance, de taux de variation de distance et de gisement. Les aéronefs qui ne sont pas équipés ou qui n'utilisent pas de transpondeur modes

A/C ou mode S et les aéronefs qui ne sont pas équipés de transpondeurs mode A seulement ne peuvent être poursuivis par le système TCAS.

b) Vitesse de rapprochement des intrus et densités de circulation :

- Dans le tableau II.2 ci-dessus, on remarque que ce dernier tient compte du fait que dans les performances des poursuites TCAS intervient un compromis entre la vitesse de rapprochement et la densité de circulation. Lorsque la densité de circulation et la vitesse de rapprochement de l'intrus sont d'un ordre élevé, le système TCAS n'est peut pas être capable de maintenir une haute probabilité d'établissement de piste, par contre le système TCAS devrait être d'une conception tel qu'elle puisse et d'une manière fiable, établir des pistes d'intrus rapide dans l'espace aérien en route à densité relativement faible (densité inférieure à 0,017 aéronef/Km², soit 0,06 aéronef/Km²) ou dans l'espace aérien terminal à basse altitude et densité supérieure ou pour des raisons liées à l'exploitation des vitesse de rapprochement soit inférieure à 260m/s (500kt).
- Ce tableau tient compte également du fait que les vitesses de rapprochement sont plus grandes en avant, en coté ou en arrière de sorte que la conception de la surveillance TCAS ne doit pas nécessairement assurer une détection fiable pour les grandes valeurs des vitesses de rapprochement de coté ou en arrière.
- On remarque aussi que les conditions énumérées définissent deux zones de densité distinctes dans l'espace multidimensionnel intervenant dans les performances du système TCAS, ces conditions ont été déterminées par extrapolation sur la base des mesures en vol des performances d'un TCAS. Selon ces données de mesure de vol, la probabilité d'établissement de piste ne diminue pas brutalement lorsque l'une quelconque des limites fixées est dépassée.
- Ces performances sont exprimées sous la forme de la probabilité d'établissement de piste pour une cible donnée, à la vitesse de rapprochement maximal, au sein d'une circulation de densité donnée, et au minimum 30 secondes avant le rapprochement maximal. La densité maximal de circulation associée à chacune de ces deux zones de densité est définie par la relation :

$$\rho = n(r) / \pi r^2$$

avec :

n(r) : la valeur maximale du nombre moyen, calculé sur 30 secondes, des aéronefs dotés de SSR (aéronef de référence excepté) se trouvant au dessous d'une zone circulaire du rayon *r* ayant pour centre la position de l'aéronef TCAS.

Dans les mesures faites en vol, les deux zones de densité n'ont pas le même rayon. Le rayon de la zone de forte densité est de 9,3 Km (5NM) ; celui de la zone de faible densité est de 19 Km (10NM). On peut supposer que la densité de circulation en dehors de la zone circulaire de densité constante est inversement proportionnelle à la distance de sorte que le nombre des aéronefs est donné par la relation :

$$n(r) = n(r_0) r / r_0$$

r_0 : est le rayon de la zone de densité constante.

- Le tableau en question repose aussi sur l'hypothèse supplémentaire selon laquelle au moins 25% des aéronefs équipés de transpondeurs dans l'espace aérien à densité de circulation maximale 0.087 aéronefs/km² (0.3 aéronefs/NM²) sont dotés de transpondeurs mode S. Si moins de 25% des aéronefs sont dotés du transpondeur mode S, la probabilité d'établissement de piste pour les aéronefs mode A/C peut être inférieure à 0.90 à cause du chevauchement synchrone accru. Si la densité de circulation dans la zone de rayon r_0 dépasse les limites indiquées dans ce tableau ou que le nombre d'aéronefs se trouve au delà de r_0 augmente plus vite que r , la probabilité réelle d'établissement de piste pour les aéronefs dotés de transpondeurs modes A/C peut aussi être inférieure à 0.90 à cause du chevauchement synchrone accru.

Si la vitesse de rapprochement dépasse les limites indiquées, les pistes d'aéronefs dotés de transpondeurs modes A/C et S risquent d'être établies tardivement. Si le nombre des aéronefs dotés de TCAS présents dans cette zone, dépasse les limites indiquées dans le tableau II-2 à la limitation de brouillage, cela exige que la puissance de l'émetteur TCAS et la sensibilité du récepteur TCAS soient réduites davantage, ce qui retarde encore l'établissement des pistes. Cependant, la probabilité d'établissement de piste devrait diminuer graduellement à mesure que l'une quelconque de ces limites est dépassée.

- Lorsque la densité de circulation est supérieure à 0,017aéronefs/km² (0,06 aéronefs/NM²), on admet que leur rayon nominal r_0 de la zone à densité uniforme soit de 9,3km (5NM). Lorsque la densité est inférieure ou égale à la valeur indiquée ci-dessus, r_0 a la valeur nominale 18,5km (10NM).

II-6 La Définition Du Ta Et Ra :

Les avis de circulation TAs et les avis de résolutions RAs sont deux paramètres reliés directement au volume de surveillance du TCAS et ils ont une relation sauf avec le système TCAS.

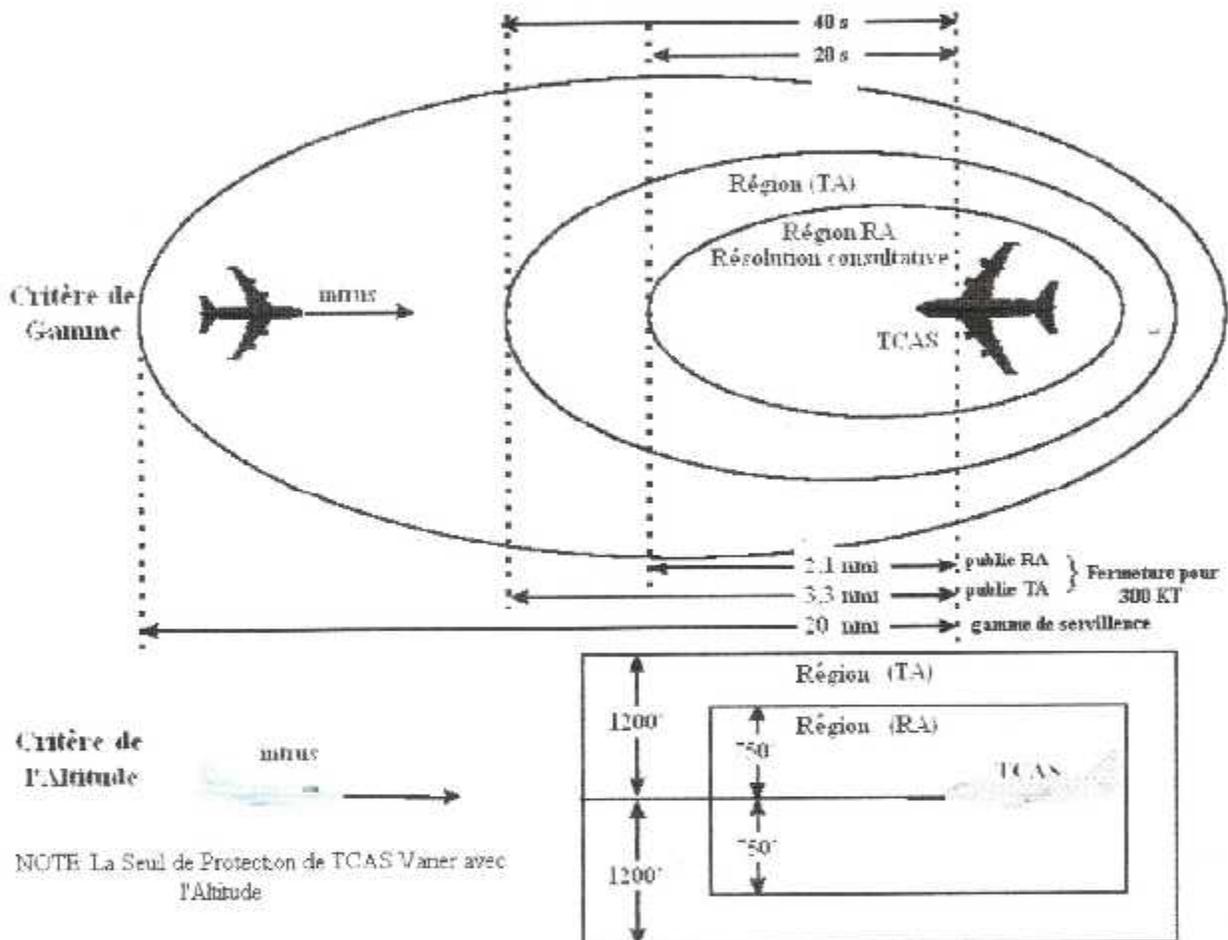


Fig.II.12 : les volumes TA et RA.

- Un avis de circulation TA (traffic alert) est une alerte gérée par le TCAS pour indiquer la présence de trafic dans la proximité de $\approx 40s$. Une TA est une potentielle du RA.
- Un avis de résolution RA (Resolution advisory) est une manœuvre conseillée au personnel navigants afin d'éviter une collision estimée dans une distance de $\approx 20s$, il est gèrè par le TCASC en modes visuel et auditif.

II-6.1 Performance d'avis de résolution (RA):

Le système embarqué TCAS génère un avis de résolution pour éviter la collision ou l'abordage avec toutes les combinaisons créés par les menaces à une limite de 40 aéronefs en mode S.

II-6.1.1 Type d'avis de résolution:

Plusieurs type d'avis de résolutions sont générés par le TCAS mode S :

- Avis de résolution pour augmenter le taux de variation (vers le bas ou vers le haut).
- RA à franchissement d'altitude.
- RA à limite de vitesse verticale (VSI).
- RA complémentaire en vigueur. (RAC)
- RA inversé.
- RA positif.
- RA préventif.

II-6.1.2 Efficacité de l'avis de résolution:

Sachant que la RA ne recommande ni continue à recommander une manœuvre qui est plus accessible, le temps écoulé entre la réception de la réponse mode S et la représentation d'un avis de résolution au pilote ne dépassera pas 1.5s.

Cette RA donne l'inventaire des interrogations probables de la menace sous réserve des dispositions de maintien la force de l'avis de résolution et des dispositions de la non modification du sens d'un avis de résolution en vigueur.

II-7 Surveillance Des Intrus :

L'équipement TCAS II mode S est capable d'assurer la surveillance d'un mélange quelconque de cibles des modes A, C, et S des ACAS I, ACAS II, ACAS III, TCAS I et bien sûr TCAS II. Dans le cas normal, il assure la surveillance avec fiabilité à vitesse élevée à un espace où le nombre maximal des aéronefs [af] soit de $0,06 \text{ af/NM}^2$ sur un rayon de plus de 14NM donc a peu près de 27 avions de différents modes en cas de trafic avec fiabilité.

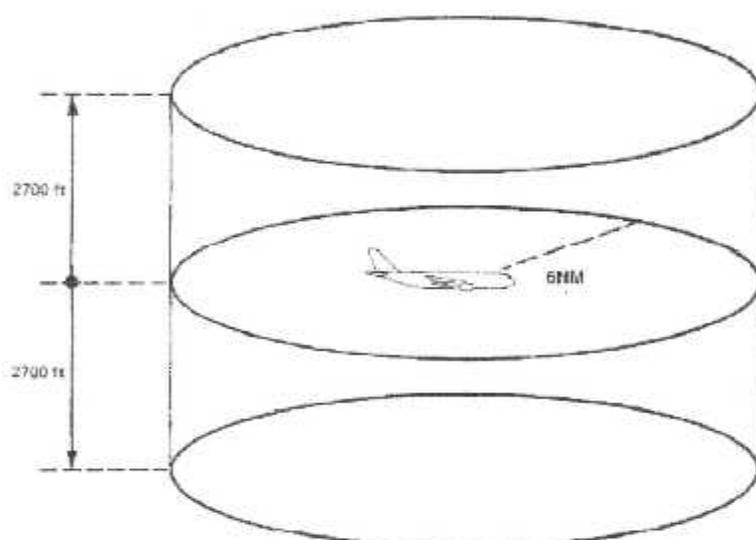
Le TCAS II mode S peut surveiller $0,3 \text{ af/NM}^2$ ou jusqu'à 30 aéronefs dans l'espace de moins de 14NM en plan.

Les différents cas de surveillance des intrus sont spécifiés sous le sous-titre surveillance de volume proximités.

Si le nombre des menaces dépasse le 30 aéronefs, le TCAS abandonne les cibles excédentaires dans l'ordre décroissant des distances quelque soit le type de cible, car les plus proches représentent une plus forte menace d'abordage que les trafics distant.

II-7.1 Surveillance des volumes proximités

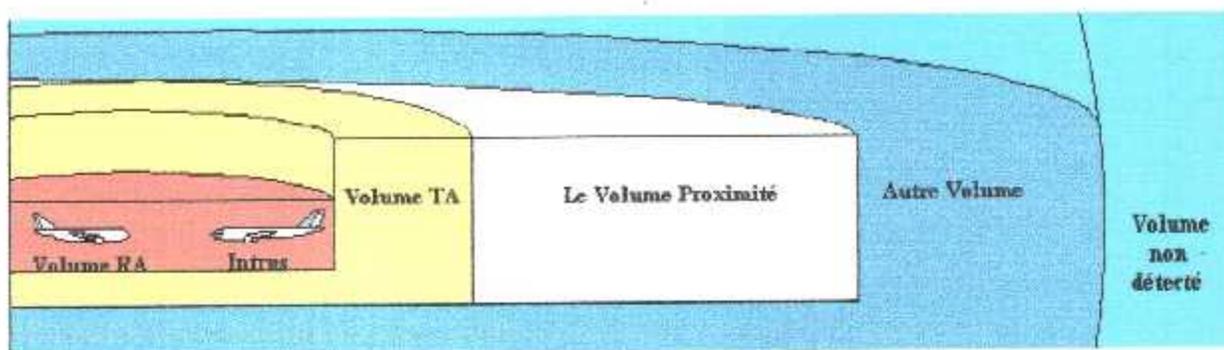
La zone de couverture de TCAS mode A/C ou S sont en trois dimensions. Les volumes de surveillances ont des limites à effectuer par plusieurs facteurs, tel que le niveau d'atténuation, du signal, motif de rayonnement de l'antenne et le type d'interrogation. Le volume par un plan horizontal est défini comme un volume de distance franchissable.



FigII.13 : Volume de surveillance.

Dans le mode normal de couverture, les volumes de surveillances sont dans des zones qui sont directement devant l'aéronef de référence situé à plus que la distance approximative de 30 NM, ceci est envisageable quand le taux de rapprochement de l'aéronef intrus est en maximum.

- Les zones de surveillance de face et à l'arrière de l'aéronef sont petites, parce que le taux de rapprochement de l'appareil intrus en ces directions sera considérablement à une vitesse relative faible par rapport à l'avion TCAS.
- Dans le plan vertical, le volume de poursuite d'altitude est un volume vertical au dessous et au dessus de l'aéronef quand le transpondeur des intrus est poursuivi par le TCAS.



Intrus Location → Equipement ↓	Volume RA	Volume TA	Trafic dans le Volume Proximité	Trafic dans Les autres volumes	Trafic dans le Volume non détecté
Sans ATC opérationnel	Pas de détection	Pas de détection	Pas de détection	Pas de détection	Pas de détection
Avec ATC mode A	TA sans altitude relative de l'intrus	TA sans altitude relative de l'intrus	Infos de trafic sans altitude relative de l'intrus	Infos de trafic sans altitude relative de l'intrus	
Avec ATC mode C ou S	RA sans coordination de manœuvre A/C	TA sans altitude relative de l'intrus	Infos de trafic sans altitude relative de l'intrus	Infos de trafic sans altitude relative de l'intrus	
Avec TCAS II	RA avec coordination de manœuvre A/C				

Fig.II.14 : Volumes de surveillance.
Tableau II.03 : Volumes de surveillance.

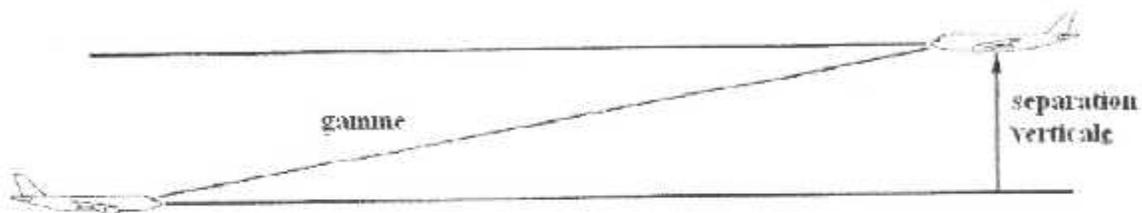
Le tableau II.03 explique la différence entre les locations d'intrus dans les volumes de surveillance selon le mode de transpondeur, et donne l'information d'intrus traqué.

II-7.2 La portée :

Le rapport des intrus détectés par le TCAS est utilisé seulement pour relever les connaissances des situations au pilote d'aéronef, tant que le calcul de la portée est défini de la même manière que l'équipement (DME).

$$D = K (T_e - T_r)$$

D : distance de la portée.
 K : constant.
 T_e : temps d'émission.
 T_r : temps de réception.



FigII.15 : La portée de gamme.

II-7.3 Limites de portée du système :

En ce qui concerne l'établissement de piste, la portée nominale requise du TCAS est de 26km (14NM). Cependant, cette portée peut diminuer jusqu'à quelque 9,3km (5NM), il suffit à assurer une protection en cas de rencontre à 260 m/s (500kt). Toutes les caractéristiques citées ci-dessus servent à l'identification d'une menace, elles comprennent aussi au minimum les informations suivantes :

1. l'altitude d'intrus : z_i ;
2. taux de variation d'altitude observé : \dot{z} ;
3. distance oblique observée : r ;
4. taux de variation de distance oblique observé : \dot{r} ;
5. niveau de sensibilité du TCAS de l'intrus : S_i .

II-7.4 Précision des mesures de distance :

Concernant la mesure de distance, la précision sera de 14,5m (1/128KM) ou meilleure, par contre la mesure de gisement des estimations de position des intrus ne dépasse pas 10 degrés en valeur quadratique. La mesure du gisement est utile pour la détection de menace. Cette précision suffit pour assister le pilote à acquérir une détection visuelle des menaces potentielles.

II-7.5 Calcule d'altitude :

L'aéronef au sol peut répondre aux interrogations de TCAS produisant une surcharge inutile dans le traitement et l'affichage des informations. Pour cette raison, le TCAS élimine systématiquement les réponses de l'aéronef à une altitude au dessous de 380 ± 20 ft, quand l'altitude de l'aéronef de référence est même inférieure à 1700ft AGL.

Mais, comme l'altitude transmise par l'intrus est une altitude barométrique - en respectant le niveau de la mer -, le TCAS va traiter cette valeur pour la convertir en altitude au dessus de niveau de sol pour la comparer avec la seuil de 380ft.

L'altitude au-dessus de niveau de sol de l'intrus peut être déduite :

$$Zi/s = Zt/s - (Zt/m - Zi/m)$$

Sachant que :

Zi/s : L'altitude de l'intrus au-dessus du niveau de sol.

Zt/s : L'altitude de TCAS au-dessus du niveau de sol mesurée par radio-altimètre.

Zi/m : L'altitude de l'intrus au-dessus du niveau de la mer.

Zt/m : L'altitude de TCAS au-dessus du niveau de la mer mesurée par ADC.

II-7.6 Annulation d'avis de résolution:

Un avis de résolution n'est modifié jusqu'au moment où des tests moins rigoureux indiquent que les tests de détections de menaces indiquent pendant deux cycles consécutifs $\{C(t_i) \text{ et } C(t_{i+1}+t)\}$, que cet avis peut être annulé.

II.8 Le temps d'interception TAU:

En 1955, D' J.S. Morrell de Bendix a publié "*The physics of Collisions*", qui comportait des algorithmes informatiques définissant le taux de rapprochement d'un aéronef. Le TCAS n'a pas besoin pour situer le point le plus proche CPA dans l'espace, plutôt il a besoin de savoir le temps d'interception pour deux avions.

Par exemple, soient deux avions se rapprochant dans le même axe à un point de collision, ce temps c'est le ratio de la distance entre eux à la somme de leurs vitesses.

$$T = \frac{D}{V_1 + V_2}$$

D'une façon plus générale, le TCAS utilise une gamme et une mesure de taux de gamme pour calculer cette fois :

$$TAU = \frac{Range - \frac{(DMOD)^2}{Range}}{Range\ rate}$$

Range (la gamme): la distance observée.

Range rate (le taux de gamme): le taux de variation estimée de la distance relative.

DMOD Distance MODification: un modificateur de distance surveillée qui équivaut à 5,6km (3NM).

Cette formule représente une estimation du temps de l'avion intrus qui va pénétrer dans une sphère – entourant l'avion équipé par le TCAS – avec un rayon égale à $(DMOD)^2 / range$. Les valeurs mode RA sont en fonction d'altitude disposée de 0,20 NM pour 1000-2350ft à 1,1 NM au-dessus de 20.000ft, comme l'on voit dans le tableau II.04.

Altitude de Réfréner [ft]	DMOD (nmi)	
	TA	RA
< 1000	0.30	N/A
1000 - 2350	0.33	0.20
2350 - 5000	0.48	0.35
5000 - 10000	0.75	0.55
10000 - 20000	1.00	0.80
20000 - 42000	1.30	1.10
> 42000	1.30	1.10

Tableau II.04 : Variation du volume de surveillance.

II.9 Traitement Des Pistes Images :

Les pistes qui ont pu être formées par des réponses résultant de réflexions sur le sol sont appelées des pistes images. Une piste est signalée comme étant une image s'il existe moins loin une piste appelée la piste réelle telle que:

a- La différence entre l'altitude réelle et l'altitude image est inférieure ou égale à 60m (200ft) pour les cibles signalant l'altitude, ou que la piste image comme la piste réelle correspondant à une cible ne signalant pas l'altitude.

b-La différence entre le taux de variation de distance image et le taux de variation de distance image calculé \dot{r}_i est inférieure ou égale à 21m/s (40kt), lorsque le taux de variation de distance image calculé est :

- soit en cas de réflexion simple :

$$\dot{r}_i = (1/2) [\dot{r} + (1/(2 r_i - r)) [((2 r_i - r)^2 - r^2 + (z_0 - z)^2)^{1/2} (\dot{z}_0 + \dot{z}) + \dot{r} r - (z_0 - z) (\dot{z}_0 - \dot{z})]]$$

soit en cas de double réflexion :

$$\dot{r}_i = (1/\dot{r}_i) [(r_i^2 - r^2 + z_0 - z)^2]^{1/2} (\dot{z}_0 + \dot{z}) + \dot{r} r - (z_0 - z) (\dot{z}_0 - \dot{z})]$$

avec:

r_i : distance image.

r : distance réelle.

\dot{z} : altitude réelle pour les cibles signalant l'altitude, ou l'altitude de l'aéronef de référence pour les cibles ne signalant pas l'altitude.

z_0 : altitude de l'aéronef de référence.

Si une piste est reconnue comme étant une image, il est possible de la retenir, mais il est impossible de la signaler comme étant établie afin que la logique de détection de menace s'en serve.

II.10 Test De Dédoublément De Piste :

Lorsque toutes les pistes ont été traitées, on les combine avec les pistes qui sont nouvellement amorcées durant le balayage en cours, puis on examine toutes les pistes paire par paire afin de déterminer si une paire donnée représente le même intrus en testant :

a- les distances diffèrent de 150m (500ft) maximum ;

b- les taux de variation de distances diffèrent de 4,6m/s (8,9kt) maximum ;

c- ou bien :

- les altitudes diffèrent de 30m (100ft).
- les taux de variation d'altitude diffèrent de 3m/s (10ft) maximum et les deux pistes ont été amorcées durant le même balayage. On ne retient qu'une seule des deux pistes, de préférence celle à laquelle correspond le plus grand nombre de réponses depuis son amorçage.

II.11 Hystérisis:

Une Hystérisis de ± 500 pieds est appliquée aux limites entre les couches d'altitudes adjacentes à l'aéronef référencé par le TCAS mode S version 6.04 avec le change 7.

Tranche d'altitude nominale	Code de commande de SLC	Seuil d'altitude où change la valeur du niveau de sensibilité	hystérisis
De 0 à 1000 ft AGL	2	1000 ft AGL	± 100 ft
De 1000 à 2350 ft AGL	3	2350 ft AGL	± 100 ft
De 2350 ft AGL à FL 50	4	FL 50	± 100 ft
De FL 50 à FL 100	5	FL100	± 100 ft
De FL 100 à FL 200	6	FL 200	± 100 ft
Au dessus de FL 200	7	---	± 100 ft

Tableau II.05 : Hystérisis fixe.

II-12 Le Transpondeur Mode S

II.-12.1 Concept de base :

Le Mode S repose sur la procédure d'appel sélectif qui consiste à interroger un seul avion – parfaitement identifié – à la fois, de manière à éliminer complètement les problèmes du radar secondaire classique (SSR). Dans le cas de ce dernier, les avions ont à bord un transpondeur qui répond à toutes les interrogations qu'ils reçoivent, ce qui peut provoquer les ennuis suivants :

- Le chevauchement synchrone ou *garbling*³ consistant à la superposition des réponses de deux avions se trouvant à la même distance du radar. Le Mode S le supprime d'une manière évidente puisqu'il n'interroge qu'un avion à la fois.

³ Du verbe anglais garble signifiant "mélanger, entremêler"

- les réponses asynchrones ou *fruit*⁴ correspondant à la réception d'une réponse qu'un avion fait à l'interrogation d'un autre radar, et pouvant créer un plot fictif. Dans le cas du Mode S, la réponse ne correspond pas à l'avion attendu est éliminée (il reste un risque de brouillage).
- la limitation de codes Mode A dans la logique SSR ; chaque avion se voit attribuer un code constitué de 4 digits (chiffre strictement inférieur à 8) de manière à le particulariser et pouvoir chaîner les plots d'un tour d'antenne sur l'autre. Il se trouve que le nombre de combinaisons possibles (4096) devient insuffisant face à l'augmentation du trafic. Ce problème d'identification non ambiguë étant crucial dans le cas de l'appel sélectif, le protocole Mode S se base sur une adresse avion composée de 24 bits, ce qui permet à chacune d'entre elles d'être unique au monde⁵.

II-12.2 Ce que ça entraîne :

Le concept d'interrogation sélective remonte à la fin des années 60. Après des études dans différents pays dans les années 70, l'OACI s'est mise à normaliser un système radar à adressage sélectif désigné sous le nom de « MODE S ». Assez rapidement, on se rendit compte que l'adressage sélectif nécessitait des formats longs et une augmentation importante du temps d'interrogation par avion.

Comme le temps d'éclairement d'un avion lui était incompressible (à moins de réduire la vitesse de rotation d'antenne, mais alors c'était le taux de renouvellement qui chutait), on devait s'attendre à ce que le nombre de coups au but par avion (c'est à dire de réponses) dans un lobe d'antenne diminue considérablement (pour être sans doute égal à 1).

Ceci avait une implication importante sur le procédé de détermination de l'azimut qui devrait utiliser un tel radar. Un radar à mode sélectif devait pouvoir déterminer l'azimut d'un avion sur une seule réponse.

Jusqu'alors, sur une seule récurrence (interrogation-réponse), un radar classique ne pouvait attribuer à l'avion que l'azimut de pointage de l'antenne alors que l'avion peut se trouver n'importe où dans le lobe dont la largeur avoisine 3°. L'azimut est finalement calculé sur la moyenne de toutes les réponses (un avion est "vu" 30 millisecondes, ce qui correspond à une dizaine de "coups au but"). Ce procédé - dit de la fenêtre glissante -, entraîne que l'azimut n'est connu qu'une fois qu'on ne voit plus l'avion.

Les laboratoires Bell Téléphone avaient inventé en 1946 une technique dite "Monopulse" permettant de déterminer l'azimut d'un avion sur une seule récurrence.

⁴ C'est un acronyme : il signifie "False Replies from Unsynchronized Interrogator Transmissions"

⁵ Avec la population actuelle, il faudrait un avion équipé Mode S pour 500 habitants dans le monde entier pour épuiser la totalité des adresses.

II-12.3 La Technique Monopulse :

La technique **Monopulse** consiste à comparer le signal reçu d'un avion sur deux voies différentes (gauche et droite en théorie, somme (SIGMA) et différence (DELTA) dans la réalité). La valeur fournie par la fonction de comparaison permet (en l'inversant) de connaître l'angle que fait l'avion avec l'axe de symétrie du lobe principal d'antenne, qui est aussi l'axe de pointage de cette dernière. C'est le principe dit d'**écartomètre**.

Dès lors, la position de la cible est connue à l'intérieur du lobe d'antenne sur une seule réponse. Mais il va sans dire que si l'on peut obtenir plusieurs mesures, la position de l'avion n'en sera que plus précise⁶. En fait, la philosophie du Monopulse est de déterminer l'azimut en faisant une moyenne sur des mesures (peut-être imprécises) de l'azimut vrai de l'avion, tandis que la fenêtre glissante faisait une moyenne sur des mesures (également imprécises) de quelque chose qui ne correspondait pas à l'azimut de l'avion mais présentait une série d'erreurs symétriques (un demi-lobe d'antenne) de telle sorte que ces erreurs s'annulaient.

En prévision de l'implantation du Mode S, différents pays décidèrent d'expérimenter la technique Monopulse en l'appliquant pour commencer aux modes classiques A/C (1979-1985). Les résultats furent tellement prometteurs qu'une nouvelle génération de stations secondaires à modes classiques A/C utilisant la technique Monopulse fut industrialisée et implantée dans le monde entier depuis le milieu des années 1980 (la DNA a elle-même un programme en cours⁷). L'effet avait précédé la cause!

Ce sont désormais ces stations dans leur entier que l'on désigne généralement par "stations Monopulse". Il faut pourtant distinguer la technique de détermination de l'azimut (d'une part), et des modes d'interrogation (d'autre part) et on devrait parler de "stations secondaires Monopulse". Celles-ci interrogent en modes classiques A et C (voire en Mode 2 pour les militaires), ce qui fait que vue d'un avion, on ne peut pas les distinguer par des anciennes stations secondaires à fenêtre glissante.

⁶ D'autre part, pour connaître les codes A et C, il faut au moins deux réponses, et pour les valider, il en faut 3 ou 4 par mode.

⁷ 17 stations sur 19 sont opérationnelles en 1999.

II-12.4 Appels généraux :

Si l'on se penche sur la procédure d'interrogation sélective, on s'aperçoit qu'elle ne se suffit pas à elle-même. En effet, elle requiert la tenue à jour dans le radar d'une table d'avions comportant leur adresse Mode S et leur position. D'un tour d'antenne sur l'autre, le radar estime la nouvelle position de l'avion et l'interroge lorsqu'il juge que l'azimut de pointage de l'antenne est suffisamment proche de celui de la nouvelle position. Lorsque l'avion répond, les informations correspondantes sont remises à jour, et ainsi de suite.

Tel un moteur synchrone, ce procédé fonctionne bien en régime permanent, mais est incapable de démarrer puisqu'on suppose toujours que le radar connaissait déjà l'avion le tour précédent.

Le Mode S doit donc nécessairement posséder des procédures d'acquisition des avions, c'est à dire un protocole permettant aux avions qui entrent dans la couverture de communiquer à la fois leur présence et leur identité sans qu'on les appelle spécifiquement. C'est ce qu'on appelle l'appel général.

Le radar envoie des appels généraux de manière périodique et continue puisqu'il ne sait pas à priori par où viendront les avions, et il reçoit des réponses contenant l'adresse Mode S des nouveaux avions.

II-12.5 Compatibilité inter-modes :

Etant donné les protocoles que doit mettre en oeuvre le Mode S, on comprend que les formats échangés entre le sol et l'avion soient bien plus complexes que dans le cas des modes classiques A, B et C (fig.II.16).

Il faut donc un transpondeur d'un type nouveau à bord, ainsi qu'une station plus évoluée au sol. Cependant, le Mode S a été développé de manière à permettre une transition "douce", et il existe donc une compatibilité entre les modes. C'est à dire qu'une station Mode S peut traiter les transpondeurs classiques, et une station classique peut interroger les transpondeurs Mode S (qui répondent alors en mode classique).

Le tableau II.06 qui suit présente le codage d'altitude mode C par le Code GILHAM en 11 bits:

Altitude	C4	C2	C1	B4	B2	B1	A4	A2	A1	D4	D2
-1000	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
100	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
500	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1000	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
10000	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
50000	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
126700	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tableau II.06 : Code GILHAM d'altitude mode C.

Cette compatibilité d'interrogation et réponse est assurée par le fait qu'une station Mode S interroge aussi sur des modes classiques entre les périodes Mode S (parce qu'un transpondeur classique ne comprend rien aux vrais formats Mode S), et qu'un transpondeur Mode S possède un traitement spécial pour les interrogations classiques. C'est donc une juxtaposition des modes d'interrogation classiques et Mode S qui crée la "compatibilité".

Pour éviter qu'un transpondeur Mode S réponde en mode classique aux interrogations classiques Mode S (ce qui devrait pourtant être le cas, vu ce qui précède), une impulsion supplémentaire P4 est ajoutée par celles-ci à leurs interrogations, qui n'est pas perçue par les transpondeurs classiques.

Selon la longueur de P4 (court ou long), le transpondeur Mode S soit ne répond pas, soit envoie une réponse à appel général. L'avantage de combiner ainsi interrogation classique et appel général dans la même fenêtre d'écoute est un gain en temps d'interrogation sélective.

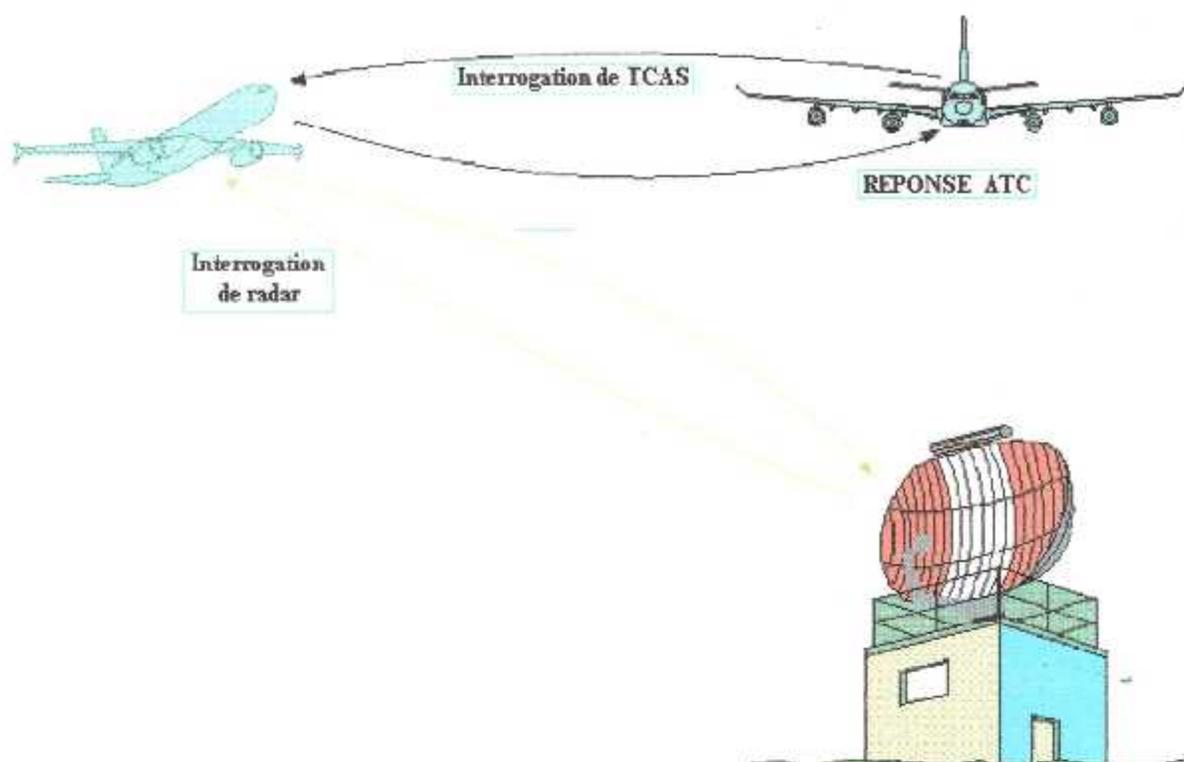


Fig.III. 16: Relation ATC/TCAS air sol.

II-12.6 Verrouillage multisite et coopératif :

La procédure de verrouillage est à l'initiative du radar et intime à un transpondeur Mode S de ne plus répondre aux appels généraux produits par ce radar. Pour que l'avion - qui est vu en même temps par plusieurs radars - ne soit verrouillé que par les radars qui l'ont déjà acquis (sans quoi certains radars risquent de ne jamais l'acquiescer et donc de ne jamais le voir), il faut qu'il puisse les distinguer les uns des autres, et donc qu'ils s'identifient dans leurs interrogations. Chaque ATC Mode S possède donc un identifiant d'interrogateur (code II). Un tel identifiant est codé sur 4 bits, ce qui ne permet que 16 combinaisons.

On s'aperçoit qu'il faut gérer de manière très méticuleuse ces codes et éviter que deux stations radars contiguës aient le même sans quoi elles se verrouilleraient réciproquement un certain nombre d'avions (heureusement, un avion verrouillé pour un certain code se déverrouille tout seul après 18 secondes s'il n'a pas été interrogé en sélectif par une station possédant le code en question). Ce protocole d'acquisition et de verrouillage reposant sur les codes II est appelé multisite.

Il existe un moyen de contourner cette contrainte qui n'apparaît finalement que sur la manière d'acquiescer un avion. L'un des axiomes du Mode S verrouillé ou pas, est qu'un avion qu'on appelle par son "nom" (en sélectif par son adresse Mode S 24 bits) répond, c'est ce qu'on pourrait appeler l'axiome de "politesse".

Cette façon de relier les stations porteuses d'un même code II entre elles n'est qu'une extension du protocole multisite (du côté avion, on a l'impression d'être interrogé constamment par la même station), mais il existe un protocole extrême dit coopératif ou non sélectif qui consiste pour une station à verrouiller un avion aux appels généraux inter-modes. Ces derniers sont une manière d'acquérir les avions Mode S sans donner explicitement le code II⁸. Dans ce cas, l'avion ne sait pas quelle est la station qui tente de l'acquérir et s'il y a verrouillage, il est total (non sélectif). Il faut donc plus que jamais que les stations, qui ont alors le code 0, soient toutes reliées entre elles.

II-13 Formats Et Modulation

II-13.1 Techniques de modulation :

En premier lieu, le Mode S fonctionne en émission sur 1030 MHz et en réception sur 1090, et c'est une condition nécessaire. Dans le cas contraire, il ne pourrait pas être compatible avec les modes classiques.

En secondaire "classique", les deux modes A et C ont une forme d'interrogation sensiblement commune (deux impulsions écartées de 8 ou 21 μ s pour l'interrogation voir Fig.II.17), et leurs réponses composées de 12 impulsions différent par le codage. En Mode S, quelle que soit l'information véhiculée, le message se présente sous la forme d'un format standard. C'est le contenu interprété au niveau du bit et non plus la forme seule qui distingue un type d'interrogation d'un autre.

L'interrogation Mode S s'effectue par une série de trois impulsions. La deuxième impulsion est interprétée par les transpondeurs classiques comme la voie de contrôle d'un interrogateur classique, ce qui les empêche de répondre car ils en déduisent être interrogés sur lobe secondaire. L'information essentielle Mode S se trouve dans l'impulsion P6, celle-ci dure soit 16,25 μ s, soit 30,35 μ s et contient un bloc de données modulé en MDPD (modulation de phase différentielle). Dans ce type de transmission binaire, un "1" est caractérisé par une inversion de phase au début de l'élément de donnée tandis qu'un "0" conserve la phase. Pour le Mode S, la durée d'un élément de donnée est de 0,25 μ s, ce qui permet de transmettre 112 bits durant l'intervalle de suppression. Le bloc de données débute par une inversion de phase synchro.

La réponse Mode S, quant à elle, se compose d'un préambule de 4 impulsions de 0,5 μ s et d'un bloc de données de 56 ou 112 impulsions. Ce dernier débute 8 μ s après le bord avant de la première impulsion du préambule. La technique de modulation n'est plus la MDPD mais la modulation d'impulsion par

⁸ En fait, c'est une extension de la séquence P1-(P2)-P3 des interrogations Modes A/C. Voir § II.4.

position (PPM en anglais) où la valeur du bit est fonction de la demi-période pendant laquelle est effectuée l'impulsion.

Impulsion	Durée	Tolérance de durée	Durée d'établissement		Durée d'extension	
			Min.	Max.	Min.	Max.
P1, P2, P3, P5	0,8	±0,1	0,05	0,1	0,05	0,1
P4 (courte)	0,8	±0,1	0,05	0,1	0,05	0,1
P4 (longue)	1,6	±0,1	0,05	0,1	0,05	0,1
P4 (courte)	16,25	±0,25	0,05	0,1	0,05	0,1
P4 (longue)	30,25	±0,25	0,05	0,1	0,05	0,1

Tableau II.07 : Caractéristiques des impulsions mode S.

Remarque :

Dans le cas des modes classiques, le transpondeur se sait interroger par un lobe secondaire lorsque la puissance de l'impulsion P2 émise sur la voie de contrôle entre P1 et P3 (tableau II.6) est suffisamment proche de celle de P1. En Mode S pur, une impulsion P2 est toujours émise après P1 afin de bloquer les transpondeurs classiques pendant l'émission de P6 car les impulsions qui composent celle-ci pourraient ressembler par hasard à une séquence A/C. Il faut donc un autre mécanisme permettant de faire savoir à un transpondeur Mode S qu'il est interrogé sur lobe secondaire. En l'occurrence, une impulsion P5 est émise sur la voie de contrôle Mode S en même temps que l'inversion de phase synchro sur la voie normale, ce qui empêche le transpondeur de s'aligner sur la modulation de P6, et donc de répondre. Notons que cela nécessite d'avoir deux émetteurs dans la station Mode S puisqu'il y a émission simultanée sur deux voies différentes, alors qu'en modes A/C, le décalage temporel entre P1, P2 et P3 permet aux deux voies d'utiliser le même émetteur⁹.

II-13.2 De nouveaux formats :

Les formats d'interrogation et de réponse Mode S sont bien entendu plus longs que les classiques, parce qu'ils contiennent plus d'informations. Selon qu'il correspond à une trame montante ou descendante, le nom d'un format commence par UF (Uplink Format) ou DF (Downlink Format).

⁹ Dans cette optique, les émetteurs stations Monopulse RSM970 sont doubles. Ils comportent déjà un émetteur principal et un émetteur auxiliaire. Ce dernier, qui servira à rayonner P5 quand on passe au Mode S peut déjà être utilisé pour l'ISLS.

Les formats de surveillance (montants ou descendants) contiennent 56 bits, et peuvent être décomposés en 3 parties : descripteur de format (5 bits), champs de contrôle et de commande (27 bits) et champ adresse/parité (24 bits). Ces formats permettent à eux seuls d'assurer la surveillance, et entre autres de recueillir le Mode A ou l'altitude.

Il existe en outre des formats à 112 bits qui ajoutent aux formats précédents un champ de 56 bits permettant de transférer des données numérisées dans les deux sens. Le Mode S n'est pas seulement une amélioration de la technique et logique radar, c'est aussi le support d'une liaison de données air-sol, et un de ses grands avantages.

Ces formats mixtes surveillance/data-link s'appellent COMM-A dans le sens montant, et COMM-B dans le sens descendant. Cette appellation est générique et moins précise que la nomenclature UFxx ou DFyy. Par exemple, les formats UF16 (surveillance spéciale longue), UF20 (demande de l'altitude) ou UF21 (demande du code A) sont des COMM-A.

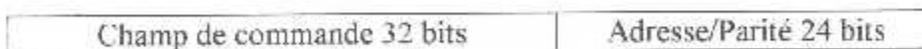
Il existe en outre des formats de communication pure dans lesquels le champ de données est de 80 bits.

II-14 Liaison De Données

II-14.1 Formats de communication :

Grâce à ses formats plus longs et à sa capacité d'appel sélectif, le Mode S permet d'envoyer des données numériques à un avion particulier, et d'en recevoir aussi bien. Pour ce faire, les transmissions Mode S entre les transpondeurs utilisent des formats très sophistiqués de 56 ou 112 bits que l'on appelle des trames et que l'on peut classer en 3 grandes catégories :

- les formats de surveillance de 56 bits (parmi lesquels celui incorporant le code Mode A et celui incorporant le code Mode C). Bien sûr, 24 bits sur ces 56 forment le champ adresse/parité :



Format 56 bits de surveillance

Le cas échéant, le Mode A ou le Mode C est inclus dans les 32 bits de commande. De tels formats peuvent être utilisés dans le sens montant ou le sens descendant.

- les formats de communication de 112 bits qui possèdent un champ de données de 56 bits, c'est à dire qui sont en fait des formats de surveillance "allongés" (et donc incorporent aussi le cas échéant le code Mode A ou le code Mode C dans les 32 bits du champ de commande):

Champ de commande 32 bits	Champ de données 56 bits	Adresse/Parité 24 bits
-------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------

Format 112 bits de communication "courte"

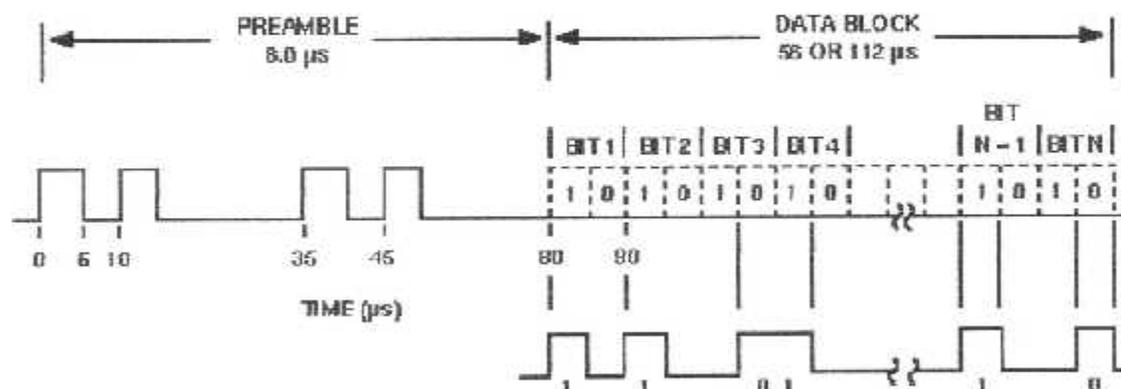
Dans le sens sol-air, un tel format est appelé "COMM-A" et son champ de données de 56 bits "Champ MA". Dans le sens air-sol, on utilise la lettre B au lieu de la lettre A (COMM-B, champ MB).

- Pour augmenter la capacité de la liaison de données, un autre type de format a été défini. Toujours de 112 bits, son champ de commande a été réduit de 24 bits, et son champ de données augmenté d'autant.

Champ de commande 8bits	Champ de données 80 bits	Adresse/Parité 24 bits
-------------------------	--------------------------	------------------------

Format de 112 bits communication "longue"

Dans le sens sol-air, un tel format est appelé "COMM-C" et son champ de données de 80 bits "Champ MC". Dans le sens air-sol, on utilise la lettre D au lieu de la lettre C (COMM-D, champ MD).



FigII.17 : Le signal mode S.

En résumé, voici donc quels sont les groupes de formats Mode S:

Nom	Sens	Champ des données	Longueur du champ
Surveillance	Les deux sens	Aucun	---
COMM-A	Montant	MA	56 bits
COMM-B	Descendant	MB	56 bits
COMM-C	Montant	MC	80 bits
COMM-D	Descendant	MD	80 bits

Tableau II.08 : Groupes des données mode S.

II-14.2 Le sous réseau Mode S :

Les services interopérables et spécifiques sont rendus à l'utilisateur par ce qu'on appelle le sous-réseau Mode S. Le but du sous-réseau Mode S est donc d'offrir à l'utilisateur au sol ou à bord une interface avec la liaison air-sol Mode S et ses services.

En particulier, pour les services interopérables, il doit exister une interface standard donnant accès au sous-réseau Mode S comme si celui-ci était un réseau classique à commutation par paquets. Cette interface s'appelle un Procasseur de liaison de données. Selon qu'il se trouve à bord ou au sol, il s'appelle ADLP (Airborne Data Link Processor) ou GDLP (Ground Data Link Processor). Lorsqu'un utilisateur bord veut établir une connexion avec un utilisateur sol (ou vice-versa) en passant par le sous-réseau Mode S, il s'établit un Circuit Virtuel Commuté¹⁰ (SVC) entre ADLP et GDLP, sur lequel transiteront les données correspondantes.

Dans le cas des services spécifiques, il n'y a pas d'établissement de SVC, mais ADLP et GDLP gardent parfois leur rôle d'interface simplement pour formater les données. En résumé, GDLP et ADLP jouent le rôle de points d'entrée (et de sortie) dans le sous-réseau Mode S. Le GDLP doit posséder une interface avec la (ou les) station(s) qui lui est (sont) raccordée(s) ainsi qu'avec le correspondant extérieur au sous-réseau qui lui fournit les messages du sol et lui prend ceux qui viennent de l'avion. Ce correspondant, qui peut être un utilisateur final (hôte) ou un simple système de relais (routeur), est appelé HLE ou Higher Layer Entity (Entité de Couche Supérieure¹⁰) en référence au modèle d'Interconnexion des Systèmes Ouverts (OSI) de l'ISO. Le GDLP, en tant que point d'entrée, s'arrête au niveau sous-réseau de la couche 3 tandis que le HLE possède au moins la sous-couche inter-réseau de la couche 3. Une configuration symétrique existe côté bord.

II-15 La Relation Entre Le TCAS Avec l'RVSM :

Le RVSM (Reduced Vertical Separation Minimums: réduction de la séparation verticale au minimale) c'est un espace de trafic transitoire à FL (flight level : niveau de vol) à base de 25 au lieu de 50ft.

Parce que le seuil de TCAS publiant de TAs et RAs sont conçues pour environ 2000 ft de séparation verticale au dessus de FL290 après que le RVSM est implanté, le TCAS va publier TAs et RAs quand l'avion fait fonction conformément aux séparations standards voulues.

¹⁰ c'est à dire une connexion au niveau d'une des sous-couches de la couche réseau OSI (ici, la sous-couche 3a).

Trop peu de RA ont eu lieu à l'espace océanique pendant une opération RVSM normale. Malgré que les TA ont eu lieu régulièrement, lorsqu'un aéronef passe près d'une proximité d'autre aéronef, dans des niveaux de vol adjacents (FL). Alors c'est important que les pilotes comprennent l'effort de le RVSM dans l'opération de TCAS.

II-16 La Version 7 TCAS II Mode S :

Le version 7 du TCAS II mode S contiendra des modifications qui augmentent la compatibilité avec la génération RVSM.

Version 7 est disponible chez les opérateurs pour l'installation dans les aéronefs depuis la fin de l'année 1999.

La FAA recommande les opérateurs qui dirigent – ou qui dirigera – l'opération RVSM à installer TCAS II (version 7) dans les aéronefs pour être utilisé dans des opérations spécifiées.

II-15 Les avantages particuliers au transpondeur de mode S:

Avant de parler de la performance de TCAS voici quelque avantages de mode S qui on va le détailler relativement au modes A et C.

Surveillance d'un plus grand nombre d'aéronefs, avec l'avantage de précision et de fiabilité. Degré élevé d'intégrité des données sol-air, air - sol et air - air.

Sur les aéronefs équipés du TCAS, ce dernier transmet des messages d'interrogation et coordination à un autre aéronef par liaison de données mode S de manière à assurer la sélection d'avis de résolution complémentaire.

**Fonctionnement et
Exploitation du système
TCAS mode S**

La logique CAS de système anticollision TCAS, semble aux logiques des industries, développé pour la NASA par le professeur Nancy Leveson de "software Engineering Corporation", par la méthode connue sous le nom de spécification d'intention (IS : Intente Specification).

La IS est une méthode de développement des systèmes complexes par étape à telle façon que dans chaque étape on a la résolution de tous les problèmes dans ce niveau.

III-1 Fonctionnement Du Système TCAS :

III-1.1 Le système logique de résolution de la collision (CAS):

En vérité, le TCAS est un système de la surveillance qui alerte le trafic (Traffic alarm), et un système de l'action d'éviter la collision appelée CAS (Collision Avoidance System). Le volume de surveillance est l'espace aérien regardé par le TCAS de l'aéronef référencé, la figure ci-dessous (Fig.III.01) nous rappelle la composition du système TCAS.

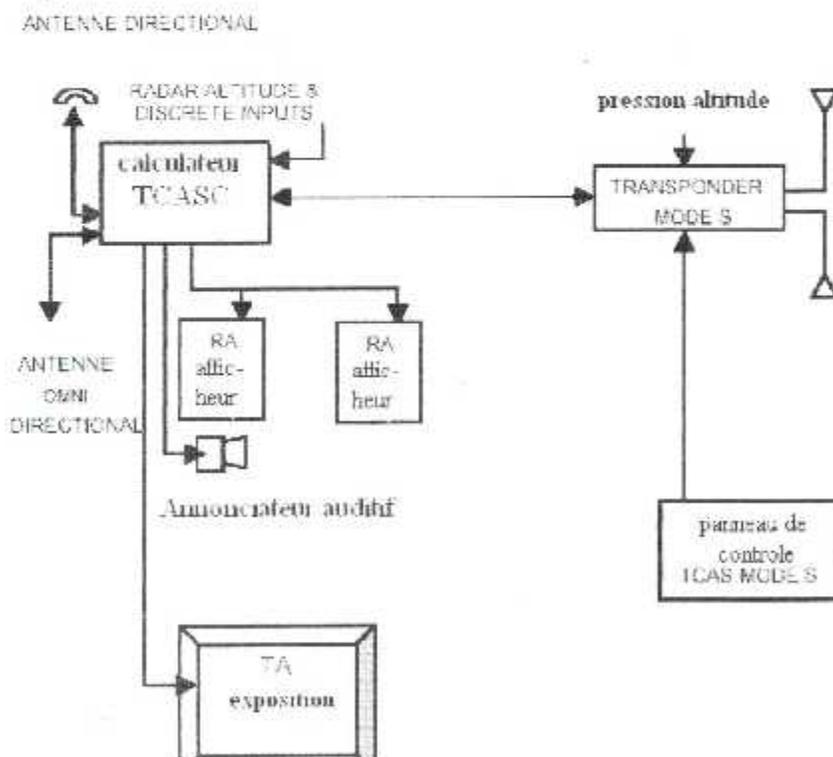


Fig.III.01 : Diagramme de TCAS-II.

Le CAS prédit à l'intrus, en utilisant la portée, le taux de la fermeture, l'altitude et la vitesse verticale.

Si le TCAS signale que certaines limites peuvent être survolées, il publiera une TA (Circulation Consultative), en alertant l'équipage que la circulation est fermée dans un coté de l'environnement.

Si l'intrus devient plus proche (15 NM en avant, 5 NM arrière et 10 NM sur les cotés), le CAS publiera une RA (Résolution Consultative) a fin de maintenir la séparation verticale entre l'aéronef de référence, et l'intrus qui menace la sécurité du trafic.

Les fonctions de la logique CAS, héritée de la méthode IS, est employées par le TCASII mode S, à fin d'exécuter son rôle de conseiller l'action d'éviter la collision qui est montrée dans l'algorithme suivant:

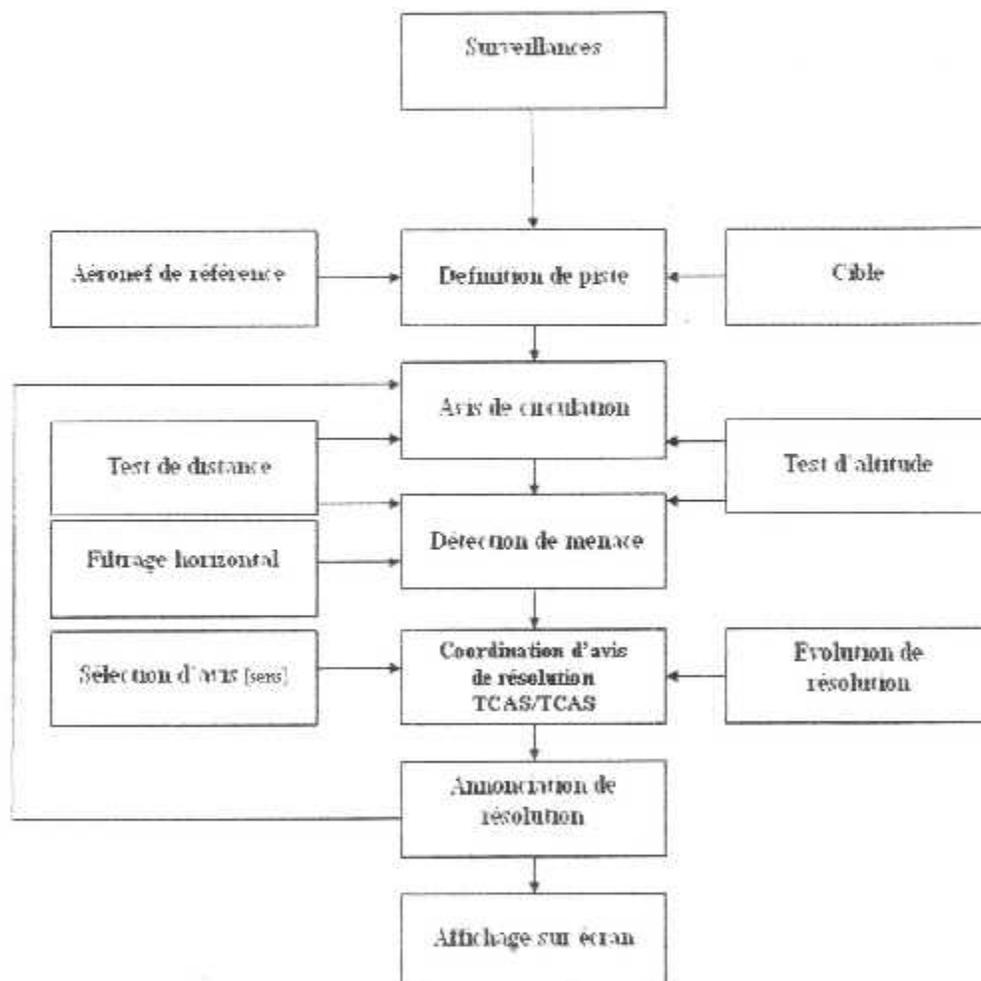


Fig.III.02 : Algorithme CAS de système TCAS.

L'explication suivante des paramètres qui forme l'algorithme CAS de TCAS, nous facilite la compréhension de fonctionnement système TCAS-II.

III-1.1.1 Traquer une piste:

L'utilisation d'une portée d'altitude est une condition pour que la surveillance CAS fonctionne. La logique CAS commence à maintenir une piste en 3D pour chacun des intrus, et utilise cette information pour déterminer le temps du CPA pour chaque aéronef.

Le CAS est conçu pour traquer des avions avec les taux verticaux jusqu'à 10.000fpm. Il utilise aussi les données de sa propre altitude, l'altitude indiquée pour l'intrus, les vitesses verticales, et les altitudes relatives de chaque aéronef, ce qui fournit la résolution la plus fine.

Les propres données de l'aéronef peuvent être fournies à des interrogations de 25 à 100ft au-dessous du niveau de l'aéronef.

Les pistes CAS utilisent aussi la différence entre la précision altimétrique et le radar d'altitude RA, pour approximer l'élévation de la terre par rapport au niveau de la mer.

Les productions (output) de l'algorithme CAS: rayon, taux de la portée, altitude relative et le taux vertical, fournissent une TA, et une détection logique de menace afin que le besoin d'une TA ou d'une RA puisse être déterminé.

Ces estimations logiques fonctionnent si et seulement si l'aéronef de référence est en dessus de 1750ft AGL.

L'estimation du niveau de la terre est sous-traitée par des données altimétriques, et par la réception de toutes les ATC mode C proches de l'aéronef TCAS, pour déterminer l'altitude approximative de tous les aéronefs en dessous.

Si cette différence est moins de 360ft, le CAS considère que l'aéronef est au sol.

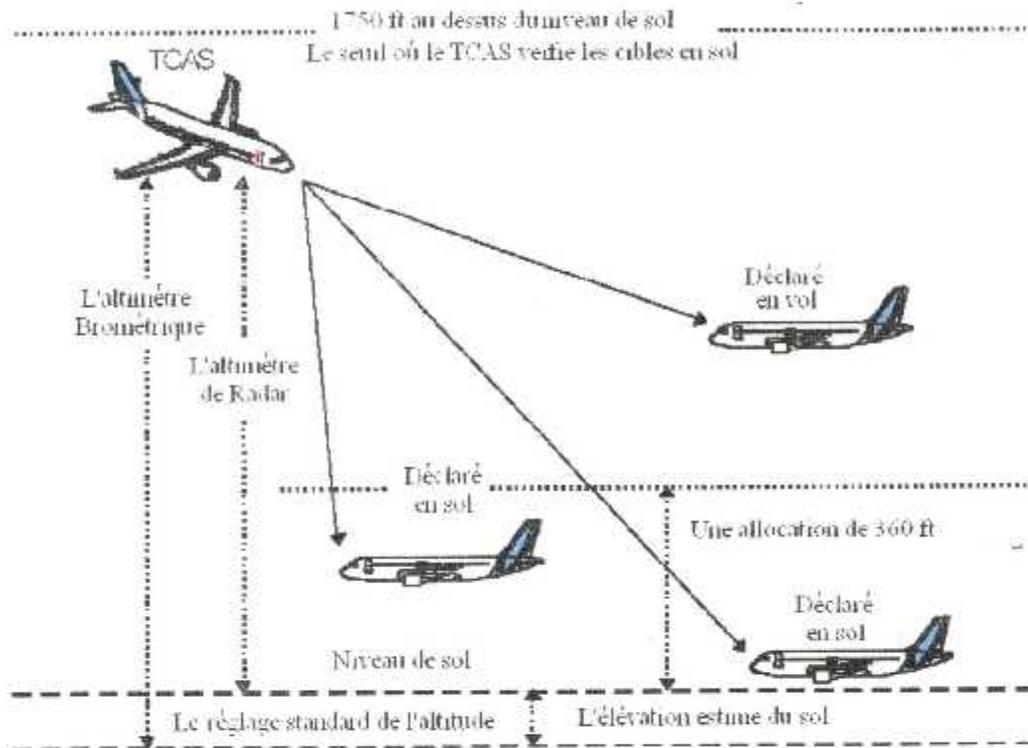


Fig.III.03 : Les cibles modes C traquées par rapport au sol.

Si le TCAS détermine que l'intrus est sur terre, il inhibe la génération de suggestions contre cet avion ce qui est représenté dans la figure représentée ci-dessus.

Les aéronefs équipés par le mode S ne sont pas considérés au sol sauf si le bit d'état "in ground : au sol" indiquera qu'elle est au sol.

III-1.1.2 Test de distance :

A) Convergence en distance : L'aéronef est dit (convergent en distance) si l'estimation du taux de variation de distance est inférieure à \dot{R}_T . Dans ce cas, l'estimation du taux de variation de distance est le moins élevé entre le taux de variation de distance estimée et $-\dot{R}_T$. La valeur de \dot{R}_T est à l'ordre de 3m/s (6kt).

B) Divergence en distance : Les aéronefs sont dits (divergents en distance) lorsqu'ils ne sont pas considérés comme étant (convergent en distance). La divergence en distance est dite **lente** si le produit de la distance estimée par la distance estimée est inférieur à P_m . Les valeurs de P_m . Sont données dans le tableau III.01.

S	3	4á6	7
Pm. (Km ² /s)	0,0069	0,0096	0,0137
Pm. (NM ² /s)	0,0020	0,0028	0,0040

Tableau III.01 : Distances estimée.

III-1.1.3 La circulation consultative :

L'utilisation de test de la piste d'un avion proche, rayon, et état d'altitude, est nécessaire pour la bonne définition d'altitude de chaque piste

Sans exécuter pour chaque rapport altitude/cible ; les aéronefs qui n'ont pas un rapporteur d'altitude (NAR No Altitude Reporting) sont supposés qu'ils sont co-altitude est seulement un test de champ est exécuté à cette cible, le teste du champ est basé sur le taux qui ne soit pas inférieur au seuil du tableau III.02. En plus la répartition actuelle où projetée verticalement à CPA doit être dans les limites de l'altitude de TA montrées dans le même tableau, pour que la cible soit déclarée un aéronef intrus; une TA sera publiée.

La version 7 de TCASII mode S inclue des changements pour assurer que l'état des cibles TA est maintenu lentement et la fermeture de cible invoquée, à plus d'exigence pour enlever une TA.

III-1.1.4 Résolution consultative :

Les avions NAR seront déclare comme intrus, si le test du champ seul montre que le Tau calculé est dans les limites de Tau de RA associe au début de SL désignée dans la tableau III.02.

III- 1.1.5 Détection des menaces:

Les testes des champs et d'altitudes sont exécutés sur chaque rapport d'altitude de l'intrus. Si le taux RA et le temps à co-altitude où les critères d'altitude relatifs, associés au SL courant sont rencontrés, l'intrus est déclaré une menace selon la géométrie du rencontre, la qualité et l'âge de la donnée de la piste verticale ; une RA peut être sélectionnée ou non. Une RA ne peut pas être produite par le CAS pour les NARs. La version7 porte des changements dans la découverte de la menace logique à une amélioration performe pour l'exposition de la circulation consultative RA qui aide le personnel navigant à localiser l'aéronef intrus, distinguer les menaces entre trafic, et augmenter la confiance à la performance du système TCAS.

En introduisant un filtre de la distance perdue horizontale (HMD : horizontal miss distance) pour réduire le nombre des RAs contre l'aéronef intrus ayant une séparation horizontale large à CPA. Le filtre HMD peut aussi affaiblir une RA antérieur à ALIM(Altitude limit) étant obtenu pour minimiser le déplacement d'altitude quand le filtrage est assuré, car la séparation horizontale à CPA sera large

Quand un intrus est déclaré une menace, un processus de deux pas est utilisé pour sélectionner la RA appropriée pour la rencontre géométrique. Le premier pas dans ce processus est de sélectionner le sens de RA, c'est-à-dire, vers le haut ou vers le bas. La logique CAS qui modèle le chemin du vol de l'intrus basée sur le taux et les pistes d'altitude de l'intrus, puis la logique CAS modèle les sens des RAs vers le haut ou vers le bas de l'aéronef de référence, voir la fig.III.04, pour déterminer le sens fournissant la plus grande séparation vertical à CPA. Dans la rencontre de la même figure la logique de sens "vers le bas" sera sélectionnée parce qu'il fournis la plus grande séparation vertical.

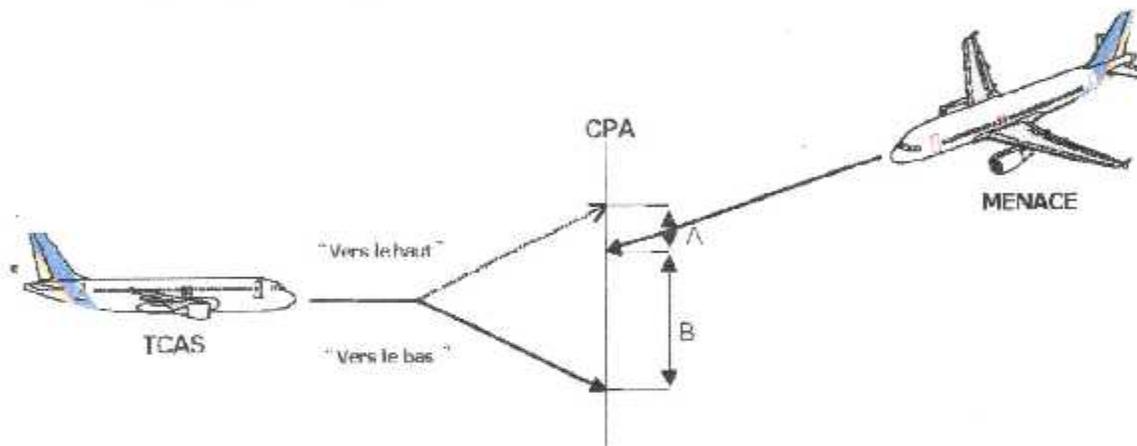


fig.III.04: Sélection de sens de RA.

Dans les rencontre où chaque sens résultant dans le passage de l'avion TCAS par la gamme d'altitude d'un intrus. Le TCAS est conçu pour sélectionner le sens de l'altitude solution sans changer l'altitude initiale si le sens de non passer fournit la séparation verticale désirée, connue comme ALIM près de CPA. La valeur de ALIM varie et SL et la valeur de chaque SL est montré dans le tableau III.03 (ou II.03). Si le sens de l'altitude solution sans changer l'altitude initiale fournit une séparation à CPA au moins de ALIM, ce sens sera sélectionner même si le sens d'altitude solution fournit une séparation plus grande. Si l'ALIM ne peut pas être obtenu dans le sens l'altitude solution sans changer l'altitude initiale, une RA altitude solution sera publiée. La figure III.05 montre un exemple de rencontre dans laquelle l'altitude solution et les sens RA altitude non solution sont modélés et le sens du RA non passer (ou fermeture de passage) est sélectionné.

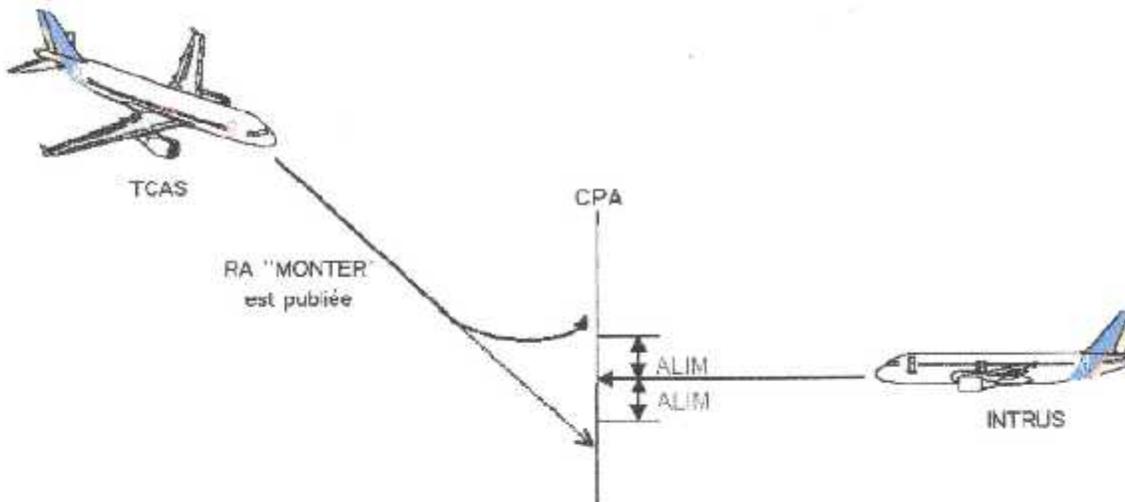


Fig.III.05 : Sélection de RA a un passage fermeture.

Le TCAS est conçu pour manœuvrer le rencontre multi-avions, c'est-à-dire, ces rencontres dans laquelle plus d'un intrus est détecté en même temps. (Il devrait être noté que dans plus de 10 ans d'opération de TCAS, moins qu'un demi douzaine des vrais multi-avions a été enregistré dans le monde entier.) Le TCAS tentera de résoudre ces types des rencontres par sélectionner une seule RA qui fournira une séparation suffisante pour chacun des intrus.

Cette RA peut être n'importe quelle RA initiale montrée dans le tableau III.02, ou une combinaison des sens montant ou descendant (vers le haut ou vers le bas) par exemple ; ne monte pas ou ne descend pas. Il est possible que la RA sélectionnée dans des rencontres pareils ne puisse pas fournir une séparation ALIM de tous les intrus. La version 7 fournit des nouvelles capacités pour la logique de multi-avions pour la permettre d'utiliser un taux d'augmentation des RAs et une RA renversée pour mieux résoudre les rencontres.

Durant une RA, si la logique CAS détermine que la réponse pour une RA positive (voir tableau III.02) a fourni une ALIM ft d'une séparation verticale avant le CPA, la RA initiale sera affaiblie soit pour une RA Ne Descend (après une RA initial Monte) Pas ou une RA Ne Monte Pas (après une RA initial Descend). Cela est fait pour minimiser le déplacement de l'avion TCAS de son altitude originale.

Les RAs négatives ne seront pas affaiblies, et les RAs initiales seront retenues jusqu'à CPA si il n'est pas nécessaire pour affermir la RA ou renverse son sens.

Type de RA	Sens vers le haut (monter)		Sens vers le bas (descendre)	
	RA	Le taux vertical requis	RA	Le taux vertical requis
Positive	Climb	1500 à 2000fpm	Descend	-1500 à -2000fpm
Positive	Crossing Climb	1500 à 2000fpm	Crossing Descend	-1500 à -2000fpm
Positive	Maintain Climb	1500 à 2000fpm	Maintain Descend	-1500 à -2000fpm
Négative	Do Not Descend	> 0 fpm	Do Not Climb	> 0 fpm
Négative	Do Not Descend > 500fpm	> -500 fpm	Do Not Descend > 500fpm	> +500 fpm
Négative	Do Not Descend > 1000fpm	> -1000 fpm	Do Not Descend > 1000fpm	> +1000 fpm
Négative	Do Not Descend > 2000fpm	> -2000 fpm	Do Not Descend > 2000fpm	> +2000 fpm

Tableau III.02 : Les RAs initiales possibles.

Le TCAS est conçu pour empêcher des RAs Monter Descendre au-dessous de 1450ft AGL. Si une RA descendre au dessous 1100ft AGL ; et toutes les RAs au-dessous de 1000\100ft AGL. Si une RA a été affichée comme l'avion de référence descend au moyen de 1000ft AGL. La RA sera modifié à RA Ne Monte Pas.

Après que la CPA a passé et le rayon entre l'aéronef TCAS et l'aéronef qui acte une menace commence à augmenter, toutes les RAs sont annulées.

III- 1.1.5.1 Extension de la surveillance mode S :

L'équipement TCAS II ne communique pas les comptes rendus de positions relatifs à une cible mode S aux algorithmes anticollisions CAS que si toutes les réponses ayant servi à l'évaluation de la menace à la suite de l'acquisition initiale de la distance se trouvent à l'intérieur de fenêtres de distances et d'altitude partagées en deux moitiés par une distance et une altitude prévues à partir des repenses antérieurs, si le bit de quantification d'altitude correspond à la valeur précédente, et si la champs VS de la réponse de surveillance spéciale courte indique que la cible est en vol au moins une fois au cours des trois cycles précédents de mise à jour de la surveillance. Les fenêtres de distances et d'altitude sont identiques à celle qui servent à la poursuite mode A/C.

Si une interrogation de poursuite ne déclenche pas de réponse valide, des interrogations supplémentaires doivent être émises. Le nombre total des interrogations de poursuite adressées à une seul cible ne devrais pas dépasser cinq interrogations pendant un seul intervalle de mise à jour de la surveillance ou seize

interrogations réparties sur six intervalles consécutifs de mise à jour de la surveillance.

La première interrogation de poursuite devrait être émise par l'intermédiaire de l'antenne qui a servi à la dernière interrogation réussie de cette cible. Si deux interrogations de poursuites consécutives ne déclenchent pas de réponse valide d'une cible, les deux interrogations suivantes de cette cible sont émises par l'intermédiaire de l'autre antenne.

III- 1.1.5.2 Réponses mode S manquantes :

L'équipement ATC mode S continu à communiquer aux algorithmes anticollisions des comptes rendus de position prévue pour les cibles mode S pendant six intervalles de mise à jour de surveillance après réception de la dernière réponse valide à une interrogation de poursuite si la cible est interrogée une fois toutes les 5s. il ne communique pas de comptes rendus de positions relatives aux cibles mode S pendant plus de six intervalles de mise à jour de la surveillance après réception de la dernière réponse à une interrogation de poursuite lorsque l'interrogation est effectuée une fois par seconde, ou pendant plus de 11 intervalles de mise à jour de la surveillance d'une seconde après réception de la dernière réponse à une interrogation de poursuite lorsque cette interrogation est effectuée à raison d'une à toutes les 5s, à moins que la cible ne soit pas de niveau de conforme aux critères d'acquisition de distance qui.

L'adresse mode S d'une piste abandonnée doit être conservée pendant 4s afin que le calcul de processus de réacquisition soit plus court si les **cibles non quittes** sont reçues.

III-1.1.6 Affichage écran:

Les informations de TCAS sont représentées par des losanges changeant de couleurs et voire des formes en fonction de la menace de collision qui représentent le trafic détecté dans un rayon de 30 NM et 2700ft verticalement.

Le TCAS est équipé par une logique d'affichage performante qui a renouvelé la totalité de la présentation d'une façon continue, et selon l'algorithme ci-dessous (la Figure.III.06), qui est utilisé pour les robots virtuels de PC et dans les simulations à haute résolution, en plus l'affichage de moniteur inclus l'exposition d'annonciation adaptative, et une signalisation de diagnostique pour le fonctionnement du système (validité et performance de processeur).

Si le moniteur perd les performances, le TCAS continue à publier les fonctions restantes (RA, T... nces adaptatives).

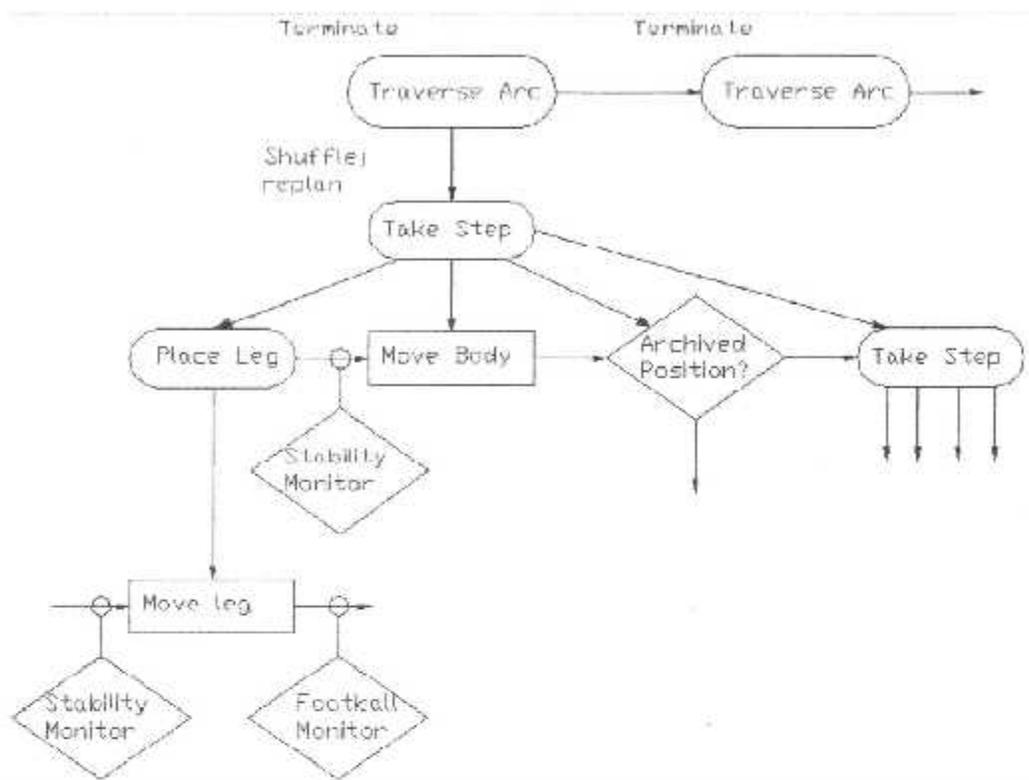


Fig.III.06 : Algorithme d'affichage.

La figure III.07 représente les expositions du trafic dans l'écran TCAS.

- a. Le trafic ne représente pas une menace, il est plus de 6 NM de distance avec 1700ft, au dessous de l'aéronef de TCAS et de monté ≥ 500 Fpm.
- b. Le trafic est à la proximité de 6 NM, 1000ft au-dessous de l'aéronef de référence. La vitesse verticale est > 500 Fpm.
- c. Si le symbole se change vers un cercle plein jaune, une TA est générée par le CAS, et une voix indique "traffic, traffic". Le taux est entre 20 et 48 s (voir Tableau III.03)
- d. Un carré rouge indique que l'intrus devient une menace et une RA est signalée par le TCAS entre 15 et 35 secondes de la CPT plus une RA auditive alerte les pilotes.

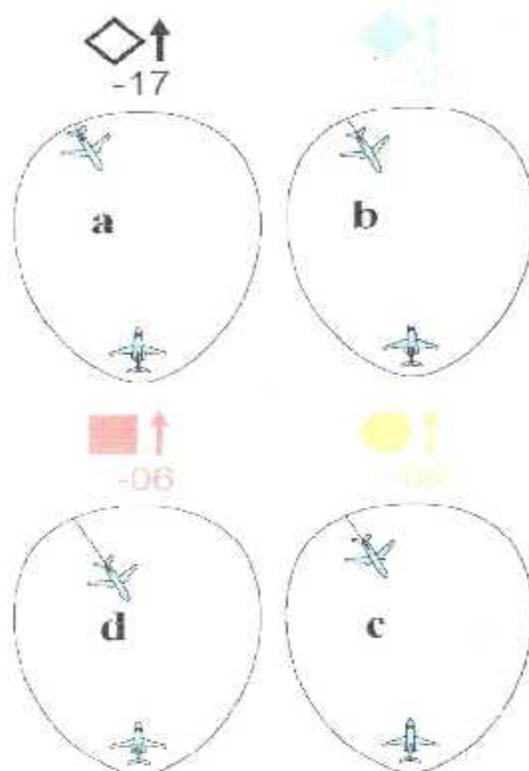


Fig.III.07 : Les losanges représentés par le TCAS.

Le tableau suivant représente les taux d'interventions d'alerte.

Source d'Altitude	Altitude de Référence	SL	TAU (S)		DMOD (NM)		Le Seuil d'Altitude	
			TA	RA	TA	RA	TA	RA (ALIM)
Radio alt.	< 1000	2	20	---	0,30	---	850	---
Radio alt.	1000-2350	3	25	15	0,33	0,20	850	300
Baro alt.	2350-5000	4	30	20	0,48	0,35	850	300
Baro alt.	5000-10000	5	40	25	0,75	0,55	850	350
Baro alt.	10000-20000	6	45	30	1,00	0,80	850	400
Baro alt.	20000-42000	7	48	35	1,30	1,10	850	600
Baro alt.	>42000	7	48	35	1,30	1,10	1200	700

Radio alt. : le radar d'altitude ou le radio-altimètre.

Baro alt. : baromètre altimétrique.

Tableau III.03 : Niveaux de sensibilité et seuils d'alerte.

En cas d'opération normale figure III.08\ a, la surveillance verticale s'effectue entre $\pm 2700\text{ft}$, de $- 2700$ à $+ 8700\text{ft}$ si le mode d'en dessus (above) est sélectionné, et de $- 8700$ à $+2700\text{ft}$ si l'en dessous (below) est sélectionné.

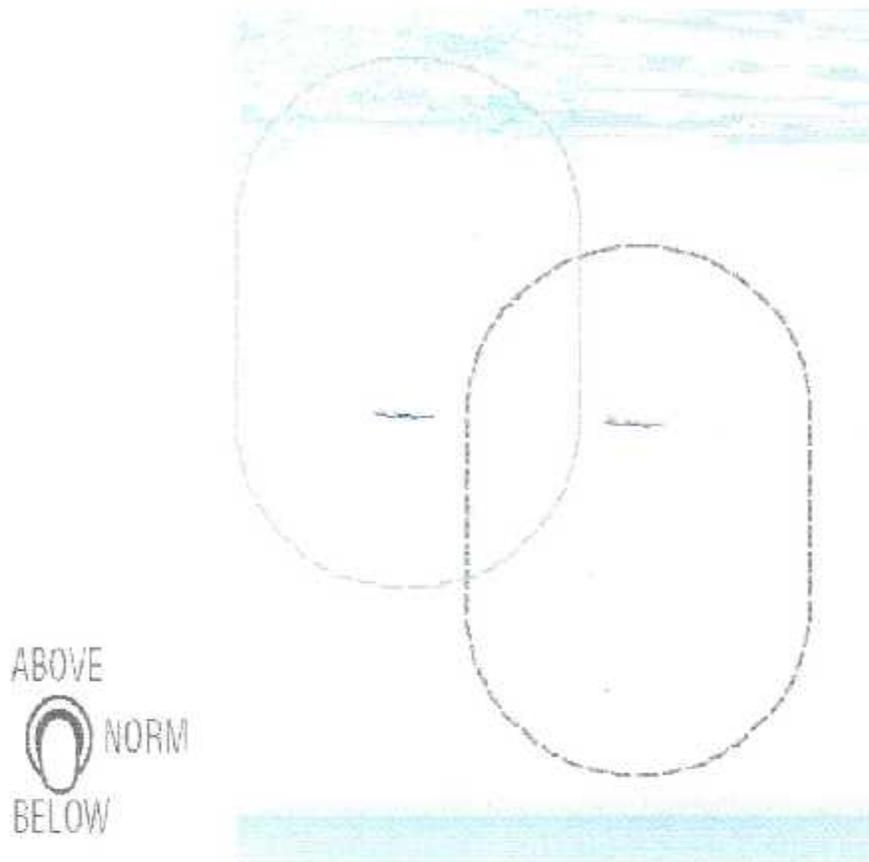


Fig.III.08\ a : Sélection de Above et Below.

Quand une TA ou RA est publiée, le niveau de menace, aussi bien que le champ de surveillance, altitude relative, et le taux verticale de l'intrus, est écrit sur l'exposition de la circulation.

Le texte est en rouge pour les RA et ombre ou jaune pour les TA. Par exemple si une RA avait été publiée contre une menace à une distance de 4.5NM et avec une altitude relative de $+1200\text{ft}$ et descente de 500Fpm , l'exposition de texte serait:

RA 4.5 + 12 ↓

Les modifications optionnelles du TCASII mode S version 7 apparaissent sur les écrans d'affichages de l'information TCAS.

L'affichage de RA déterminée par la logique CAS, afin d'éviter la collision, est utilisé par le TCAS pour recommander au pilote les manœuvres à effectuer.

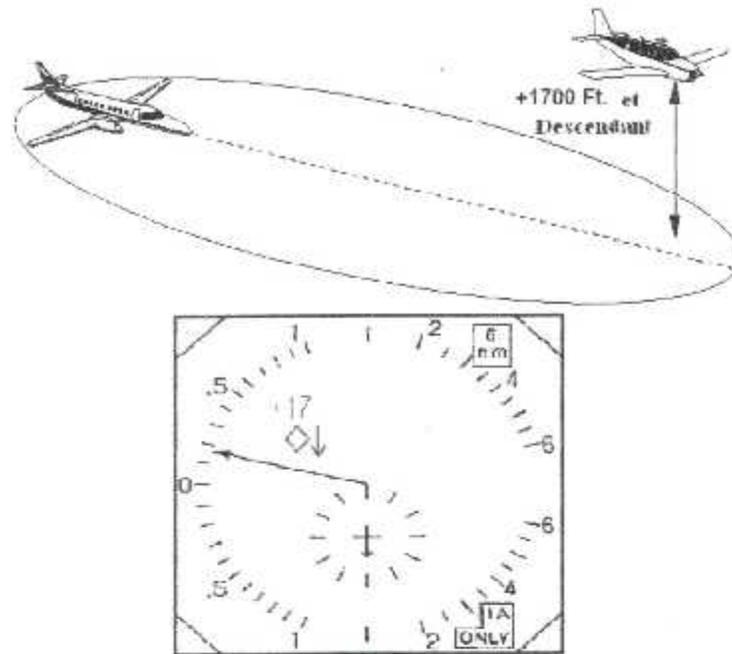


Fig.III.08\h : Affichage de TA.

Si le nombre des menaces dépasse 30 aéronefs, le TCAS abandonne les cibles détectées dans l'ordre décroissant des distances.

Si le pilote sélectionne l'exposition de l'altitude relative, les informations des l'intrus avec les altitudes de plus de 9900ft, la portée maximum sera présentée en deux chiffres seulement (voir l'exemple de la figure.III.08\b).

On peut trouver un afficheur de la vitesse verticale et le radar du trafic sur le même moniteur.

- Le radar météo (RDR/2000/2100...) s'affiche avec l'exposition du TCAS à l'aide de bouton Wx.

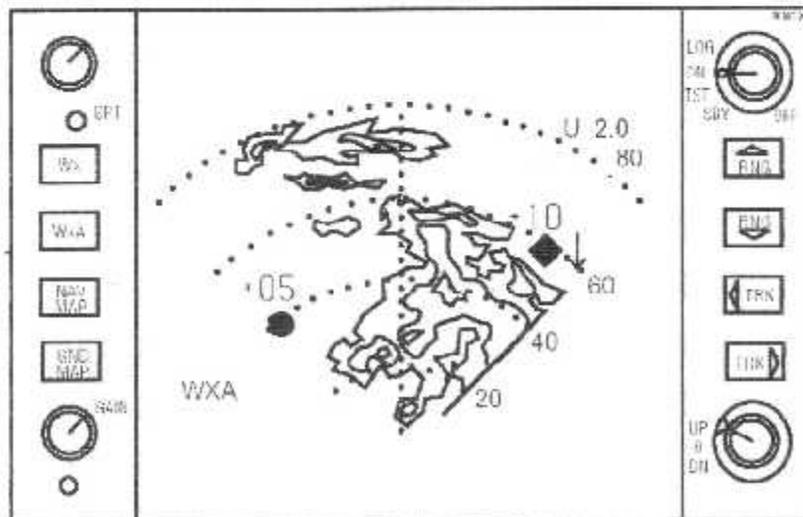


Fig.III.08\c : L'exposition des infos TCAS avec la météo.

III-1.1.7 Annonciation auditive :

Chaque fois que le CAS génère une TA ou une RA, une alerte vocale est publiée pour assurer que les pilotes sont informés de qui est affiché sur l'exposition de la circulation.

Les annonces auditives peuvent être courues par un orateur dédié installé dans le post de pilotage, ou par les panneaux sonore et par les casques, afin qu'ils soient entendus par les navigateurs.

Le tableau III.04 ci-dessous présente la liste d'annonciations auditives utilisées par le TCAS change 7.

Les alertes auditives au dessous 500 ± 100 ft AGL : les annonces vocales de TCAS sont intégrées avec les autres alertes auditives d'environnement dispensable sur l'aéronef ; s'il existe un GPWS, dans l'aéronef la priorité et pour lui, et les annonces auditives du GPWS ; même si l'annonce de TCAS, est une RA ou une résultat de BITE.

Une alerte auditive est nécessaire car le réflexe humain au son est plus rapide que celui de la vision.

Conseil TCAS	Annonciation auditive de la version 7	Les Annonciations auditives existantes
Avis de circulation	Traffic ,Traffic	Traffic ,Traffic
Monter	Climb, Climb	Climb, Climb, Climb
Descendre	Descend, Descend,	Descend, Descend, Descend
Montée à croisement d'Altitude	Climb Crossing, Climb, Climb Crossing, Climb;	Climb Crossing, Climb; Climb Crossing, Climb;
Descente à croisement d'Altitude	Descend, Crossing Descend; Descend, Crossing Descend	Descend, Crossing Descend; Descend, Crossing Descend
Réduction de la Montée	Adjust vertical speed, adjust	Reduce climb, Reduce Climb
Réduction de la Descente	Adjust vertical speed, adjust	Reduce descend, reduce descend
Renversement pour une Montée	Climb, climb now; Climb, climb now	Climb, climb now; Climb, climb now
Renversement pour une Descente	Descend, descend now; descend, descend now	Descend, descend now; descend, descend now
Augmentation de la Montée	Increase climb, increase climb	Increase climb, increase climb
Augmentation de la Descente	Increase descent; increase descend	Increase descent; increase descend
Maintenir le taux de résolution	Maintain vertical speed, maintain	Monitor vertical speed
Croisement d'altitude, maintenir le taux de la résolution	Maintain vertical speed, crossing mainting	Monitor vertical speed
L'affaiblissement de RA initiale	Adjust vertical speed, adjust	Monitor vertical speed
RA préventive (changement de la vitesse verticale non requise)	Monitor vertical speed	Monitor vertical speed ; Monitor vertical speed
Disparition de conflit	Clear of conflict	Clear of conflict

Tableau III.04 : Annonciation auditive de TCAS.

Les lignes en gris représentent les annonces auditives des RAs modifiées de TCASII mode S version 7, par rapport aux anciennes versions de TCAS.

La figure (Fig.III.09) indique les altitudes d'inhibition des annonces auditives RA et TA sont gérées par le calculateur TCAS pendant que les expositions de trafic sont affichées.

III-1.2 Les altitudes des RAs TCAS inhibés :

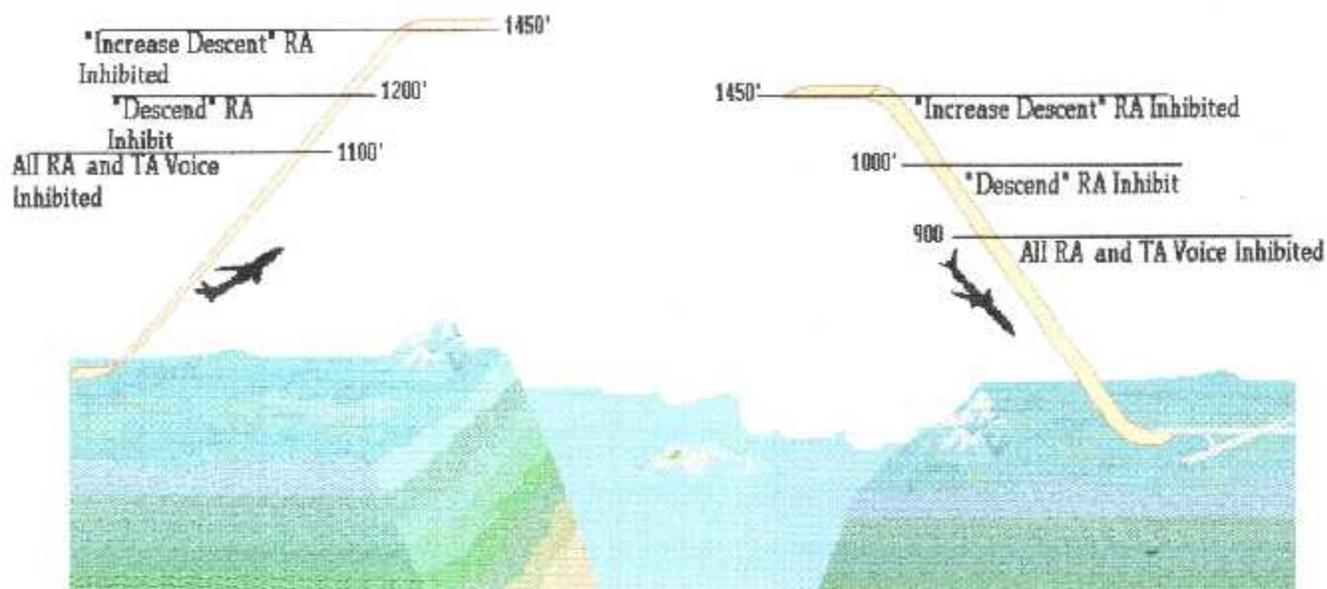


Fig.III.09 : Les altitudes bloquants l'alerte TCAS.

Toutes les alertes auditives TCAS sont inhibées dans un ou plusieurs des cas suivants :

1. Si une des alertes suivantes est active :
 - **GPWS** (Ground Proximity Warning System) : est un système avertisseur de proximité du sol.
 - **Wind-shear**: rase de vent.
 - **Stall**: décrochage.
2. L'alerte corrective "Increase Descend", est inhibée au dessous de 1450ft radio altimètre.
3. L'alerte corrective " Descend", est inhibée au dessous de 1000ft pendant la descente, et 12000ft en montée.
4. Toutes les RAs sont inhibées au dessous de 900ft pendant la descente et 1100ft en montée.

III-1.3 Surcharge mode S :

L'équipement TCASII communique des comptes redus de position relatives à toutes les cibles mode S quelle que soit la distribution des cibles en distances, pour vu que le nombre total maximal des cibles ne dépasse pas 30.

III-1.4 Programmation de la puissance mode S :

Le niveau de puissance à l'émission des interrogations de poursuit mode S (mais pas celui des interrogations de coordination air-air) doit être automatiquement réduit en fonction de la distance dans le cas des cibles se trouvant à moins de 18.5 Km (10NM) comme suit :

$$P_T = P_{max} + 20 \log \frac{r}{10}$$

P_T est le niveau de puissance modifiée, P_{max} le niveau de puissance nominale (250W dans le cas type) des interrogations adressées à des cibles situées à 18.5 Km ou plus, et r la distance prévue à la cible. Le niveau réel soit P_T , soit la limite résultante des inégalités des limitations du brouillage, si elle est moindre.

III-1.5 Installation du TCAS :

Les lieux d'installation des composants d'équipements TCAS et leurs réseaux sont définis selon le type d'aéronef et les instruments TCAS, même pour faire une bonne maintenance il faut se refaire aux détails spécifiés sur l'installation TCAS dans l'AMM(Aircraft Maintenance Manuel) partie avionique de l'aéronef à entretenir.

A titre d'exemple les figures.III.10 de page suivant représentent les lieux d'installation des éléments qui composent le TCASII mode S dans l'avion turboréacteur A310.

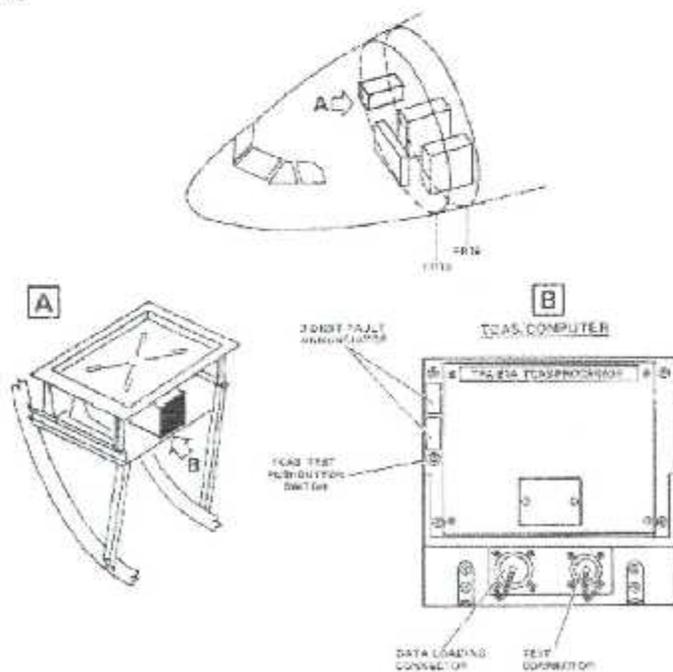
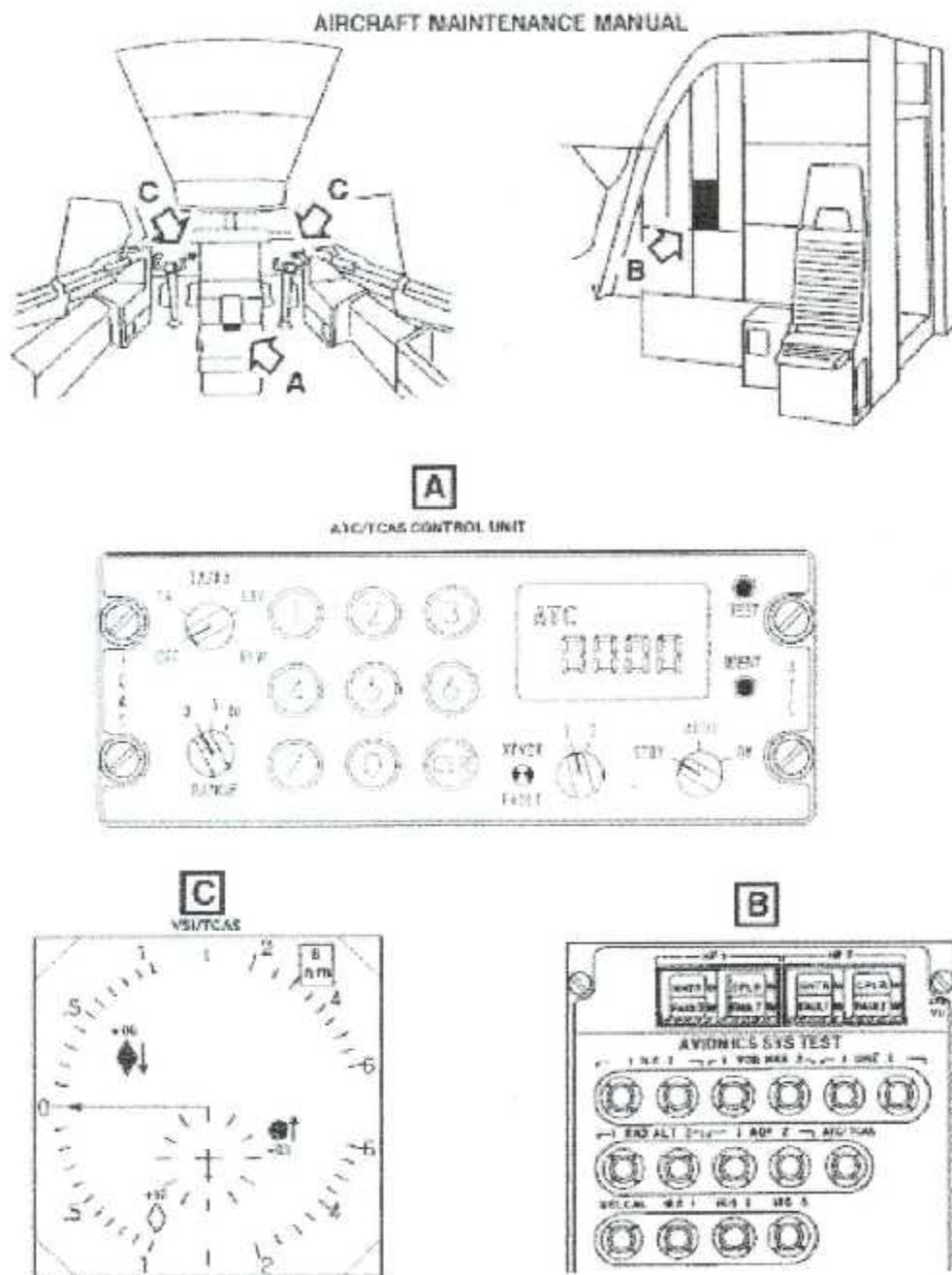


Fig.III.10'a : Le compartiment de TCASC.



- A : le panneau de contrôle ATC /TCAS.
- B : le panneau de réglage du TCAS.
- C : écran de d'affichage TCAS.

Fig.III.10\ b : Compartiment de composants de TCAS.

III-1.6 Coordination dans le réseau du système TCAS :

Le système anticollision embarqué TCAS II mode S communique plusieurs types de données avec l'avionique de l'aéronef en utilisant les protocoles ARINC 419, 425, 735A et 615 l'exemple suivant explique le fonctionnement de système TCAS II mode S des avions A 319/320/321.

Le rectangle au centre des la figures .III.11 représente le TCASC (le calculateur TCAS).

- 1- les antennes : l'antenne directionnelle de TCAS fournit des informations d'azimut sur un aéronef situé dans le champ de surveillance de TCAS.
 - La phase et l'amplitude du signal reçu dépendent de direction de la source du signal qui permet d'un reversement relatif de l'aéronef transmis pour être déterminé.
- 2- Le mode opérant du TCAS, comme est sélectionné dans un panneau de configuration ordinaire ATC.
 - Les informations TCAS sont transmises pour le calculateur TCAS via le transpondeur ATC.

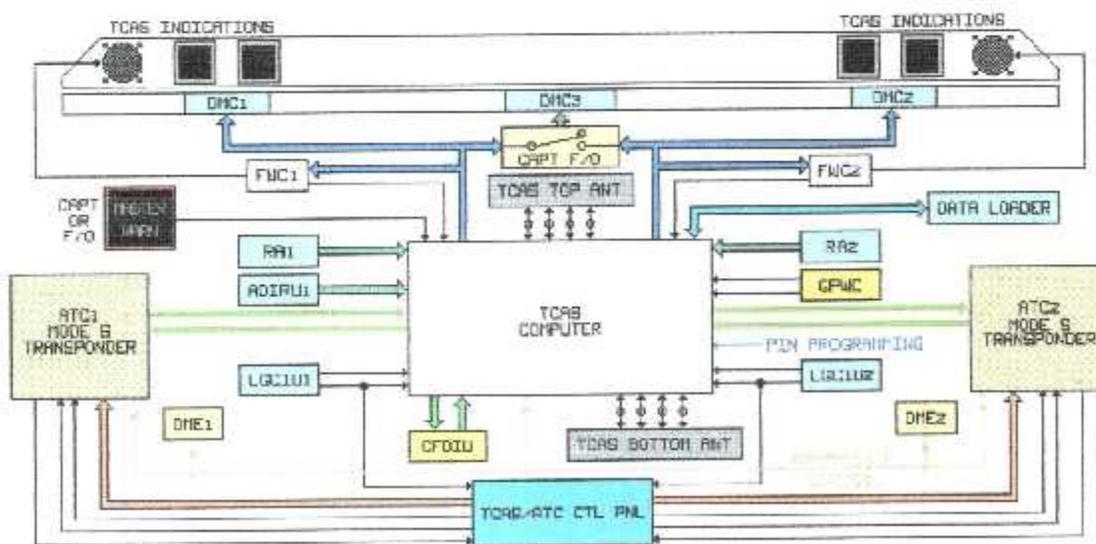


Fig.III.11 : Diagramme de système TCAS II mode S de A320.

3- Le calculateur TCAS insert deux fonctions principales :

- La fonction de la transmission et réception, pour l'acquisition de l'intrus.
- La fonction du calcul pour le contrôle d'opération.

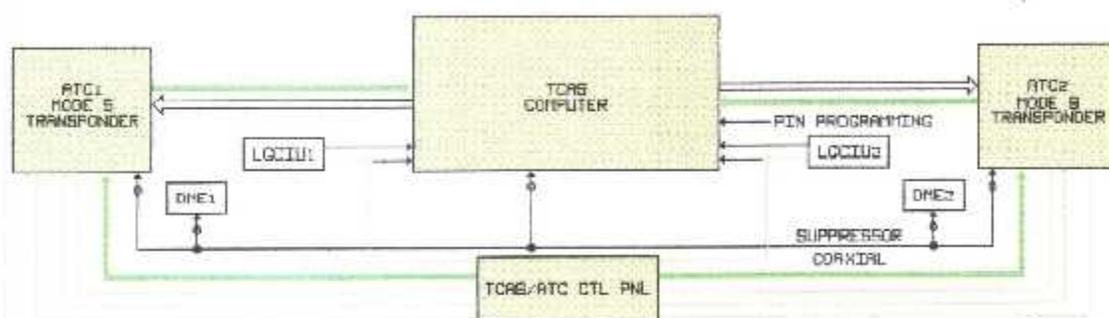


Fig.III.11\A : Diagramme de TCASC.

4- Le transpondeur opératif ATC mode S transmet les réponses à la station sol ATC, interrogations et données à TCAS.

- Le transpondeur mode S permet la communication entre le TCAS et l'aéronef détecté et équipé par TCAS, pendant la fonction de liaison de communication, par le changement des coordinations.

5- Le radio altimétrique fourni l'altitude utilisée comme une référence pour déterminer le niveau de sensibilité et les altitudes inhibées.

- Le radio d'altitude est utilisé à une gamme entre 0 - 2500ft.

6- La partie IR de AIDRU fournit la source Cap magnétique.

- Les altitudes barométriques sont transmises via le transpondeur.

7- Le CFDIU (Ceterlised For Display Interface Unit : L'unité Centrale D'interface Affichage) permet le test et le dépannage de TCAS par le MSDU.

- Le test est valable seulement au sol.

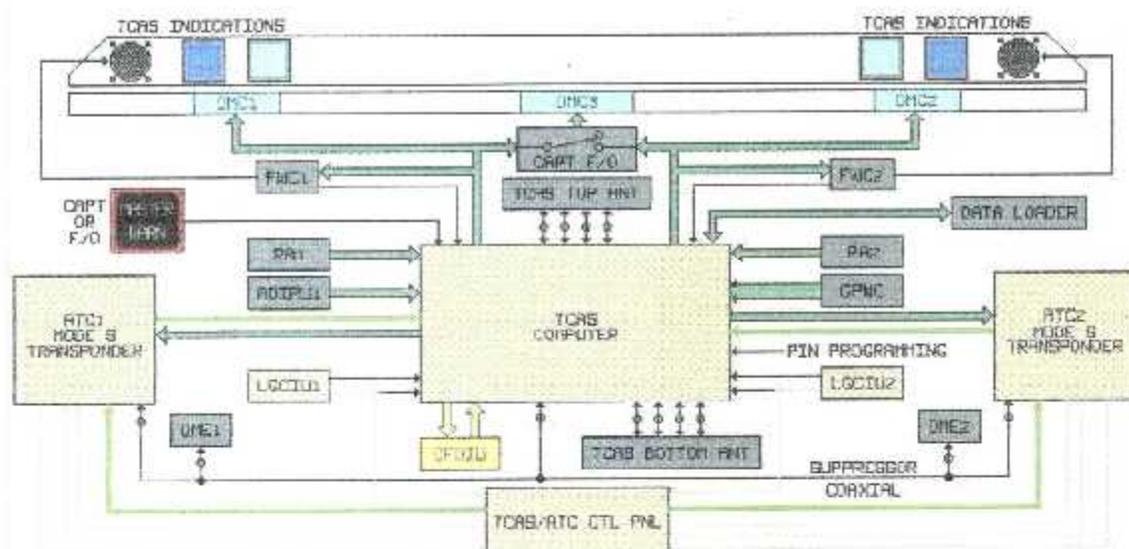


Fig.III.11\ b : Diagramme relation CFDIU avec le TCAS.

- 8- Le contrôle du train d'atterrissage et l'unité d'interface fournissent l'information de bit au sol pour déterminer le compte de l'étape de vol.
 - ils fournissent aussi un signal prolongé du train d'atterrissage pour une opération TCAS.

- 9- Une indication visuelle dans les NDs et les PFDs ; les NDs présentent l'allocation d'un intrus dans la zone du trafic. Les PFDs présentent les indication des manœuvre (anticollision) dans l'échelle VSI (l'indicateur de vitesse verticale).

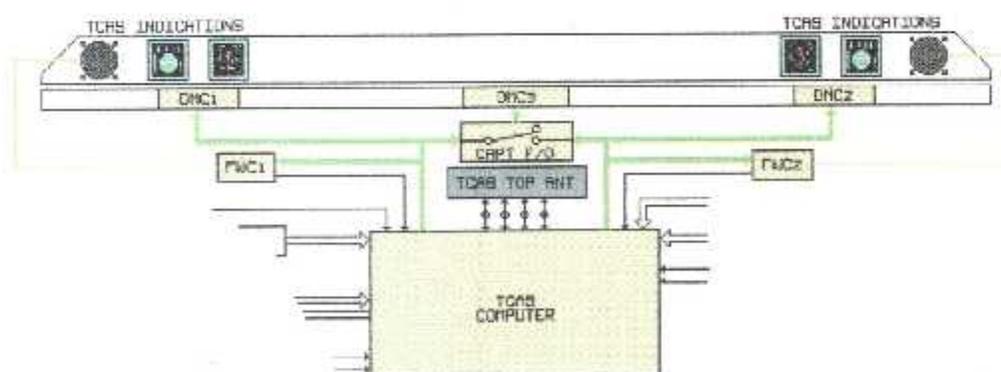


Fig.III.11\ c : Diagramme de réseau d'afficheur du TCAS.

- les FWCs montrent la validité des informations, synthétisent une annonce vocale générée par le TCASC et transmettent les paroles par les hauts parleurs accompagnées avec une indication visuelle.

10- Les priorités sont :

- windshaer (rase de vent)
- stall (décrochage)
- GPWS message (Ground Proximity Warning System : Le système d'avertissement à l'approximation du sol).

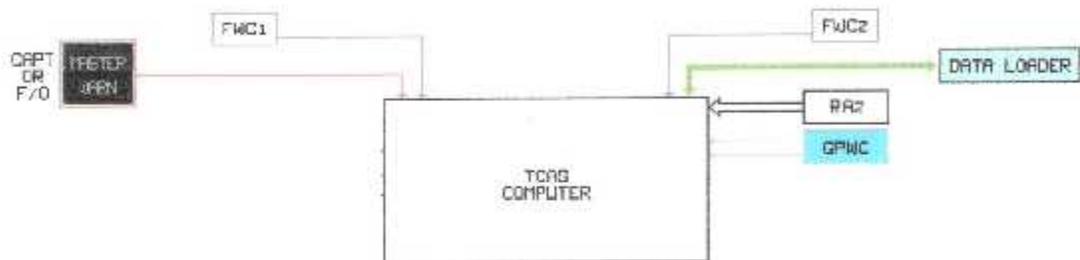


Fig.III.11\ d : Diagramme de relation du TCASC et les warnings.

En conséquence le TA mode S est sélectionné et les annonce auditives sont annulées. Si une des priorités est apparue, le bouton d'alerte principale (Master Warning) s'allume.

11- Le mode opérant :

- Les résultats niveau auditif.
- Tous les affichages trafic-menace
- Un grand affichage mode TA : le nombre maximal d'intrus affiché est 8 intrus.
- Limite d'altitude de l'avion – et le TCAS- est 48000ft.

12- Télécharger les données :

La capacité de téléchargement de données lointaines est liée aux deux bus ARINC 429 à vitesse basse.

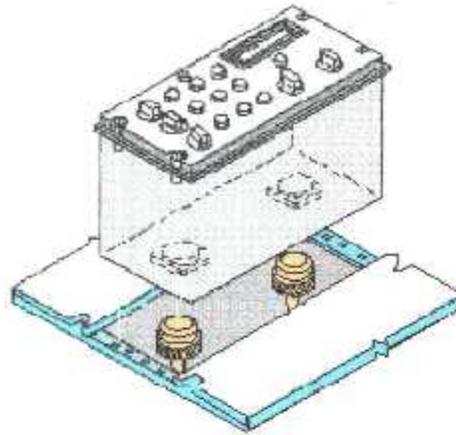


Fig.III.12 : les câbles ARINC429 du ATC/TCAS.

III-2 Exploitation Du Système TCAS:

III-2.1 La manipulations du TCAS

Les manipulations du système TCAS mode S effectuées par l'équipage pendant les différentes étapes de vol, sont :

- 1\ Au sol le pilote teste le système. Il peut mettre le TCAS en STBY, ou en Auto (STAND BY en sol, et il se met automatiquement en TA dès que l'aéronef quitte le sol)
- 2\ Pour le décollage le navigateur sélectionne le mode de volume above.
- 3\ En montée, descente, l'approche et croisière le pilote et selon le besoin :
 - a. Afficher ou pas la météo.
 - b. Augmenter ou diminuer la portée du radar mode S.
 - c. Filtrage de trafic TA, RA ou sélectionner les deux.
 - d. Augmenter la portée du volume à surveiller en dessus, ou en dessous de l'aéronef selon le besoin.
- 4\ Pendant l'atterrissage le navigateur sélectionne le mode de volume below.

III-2.2 Test du système TCAS:

Le test d'équipements TCAS et le moniteur d'affichage du trafic définissent l'état du système anticollision TCAS; le self-test a plusieurs formes d'exécution mais il ne s'affiche pas continuellement ni automatiquement.

Le test du système TCAS s'effectue depuis le panneau de contrôle du transpondeur mode S à l'aide du bouton poussoir "test" qui commande le BYTE, qui a pour but de donner une synthèse de diagnostic de système.

Si la lampe témoinne s'allume continuellement: cela veut dire que le réseau et le système TCAS sont fonctionnels. Si la même lampe pendant le test clignote: cela indique la perturbation du système ou une partie de système ce qui nécessite une maintenance.

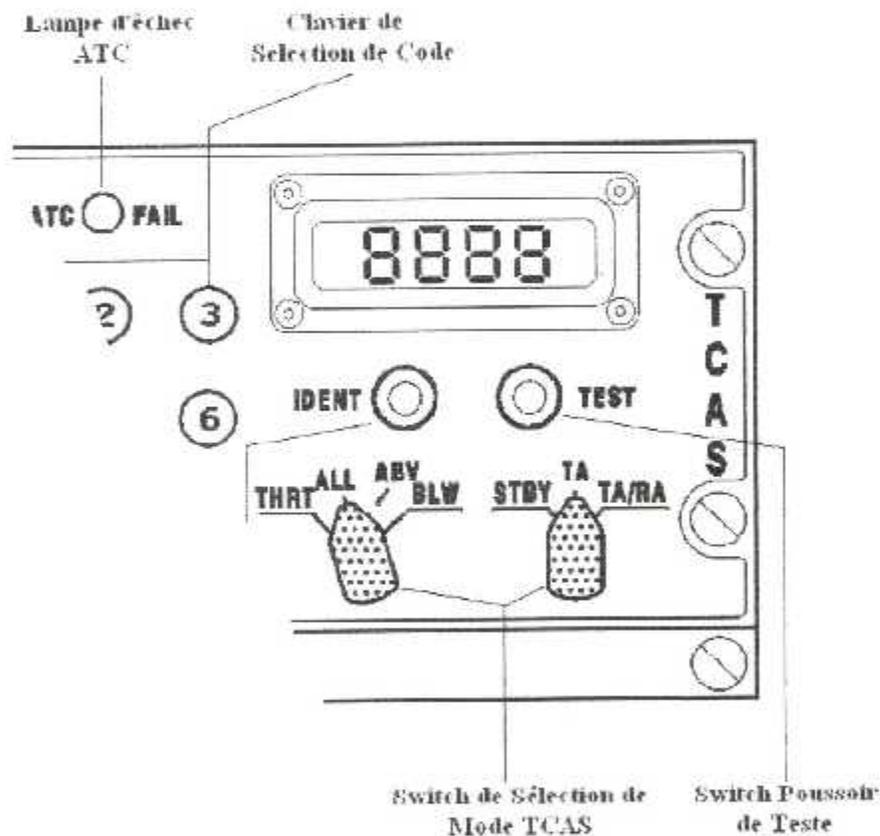


Fig.III.13 : La lampe de panne dans le ATC.

Un maximum d'affichage écran alerte dans les moniteurs ou les indicateurs du TCAS; plus qu'un message vocal annonce le résultat de BYTE.

Si le test est normal, le message indicatif est "TCAS SYSTEME TEST OK". Dans le cas contraire le message sera " TCAS SYSTEM TEST FAIL".

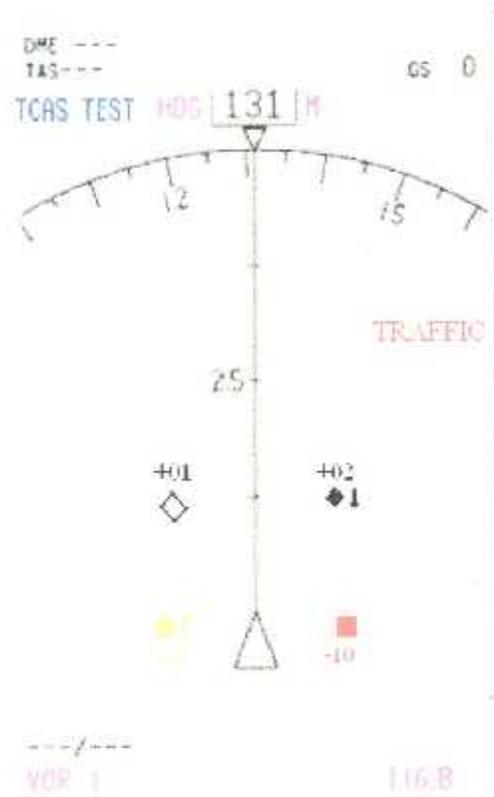


Fig.III.14 : Le test TCAS sur le ND de B800/600.

Il est interdit de faire un test de TCAS pendant la navigation.

Si le moniteur ou l'afficheur d'information TCAS n'est pas spécial pour le TCAS, une indication de test apparaît dans ce dernier ; citant l'exemple d'apparition du mot 'TCAS' dans FD (Fig.III.14).

Le test se fait sous le protocole ARINC 429 (ou ISO8208) pendant que la commande de panneau de contrôle est sous le ARINC718.

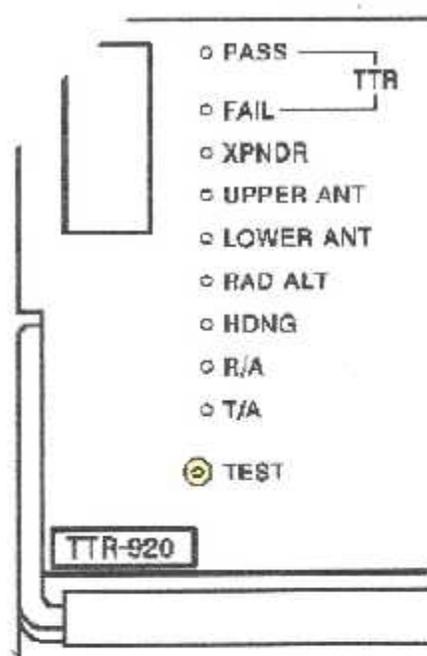


Fig.III.15 : Le témoin de test dans le TCASC.

Le TCAS est développé de telle façon qu'il fournit un conseil de résolution RA, afin d'éviter la collision entre les aéronefs en vol. Ces RAs sont données en mode d'affichage renforcé par des alertes auditives pour garder l'intention de l'équipage.

L'exploitation du TCAS pendant un vol se fait après l'allumage du disjoncteur principal d'avionique et de transpondeur.

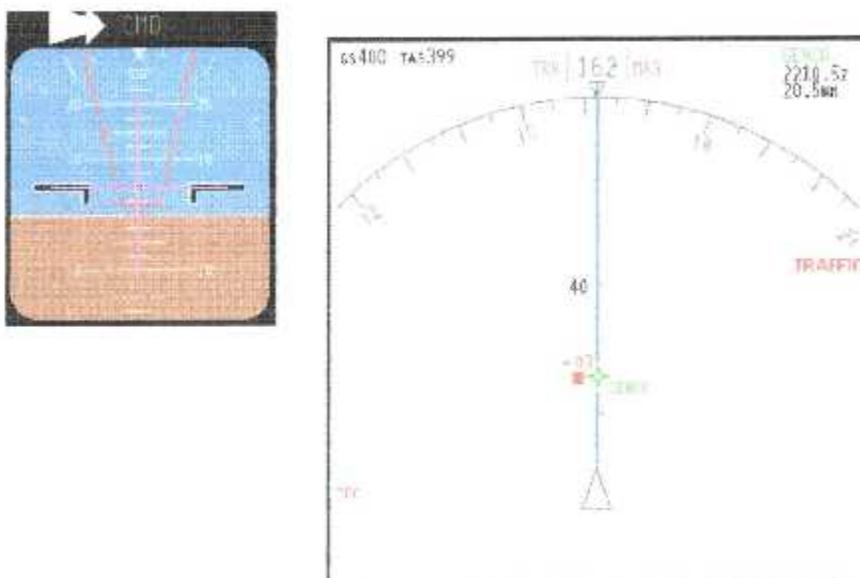
Pendant le chick list, le pilote ou le copilote fait le test du système (voir le sous-titre test du système TCAS).

Si une alerte TCAS est entendue et non affichée dans le ND, le pilote doit augmenter la portée du radar exposée dans le ND pour qu'il puisse voir le trafic dans une enveloppe plus large.

Si une RA est affichée, le pilote doit désactiver le PA (pilote automatique) – s'il est activé – et de faire la manœuvre conseillée par le TCAS sans être brusque ni agressif.

Exemples : on va voir quelques cas d'exploitations faites par l'équipages navigants afin d'éviter la collision où les informations sont affichées sur le PFD, ND, et l'horizon artificiel.

1. si la RA représentée dans l'affichage (fig.16) est accompagnée par une voix "descend", le pilote doit désactiver le PA et faire une descente avec un angle équivalent à 500fpm, dans le sens inverse du territoire dessiné en rouge dans l'horizon artificiel, et il redresse l'avion après le passage du trafic.



First disengage the autopilot. Quickly and smoothly move the airplane out of the red outlined area. The maneuver is not aggressive or sudden.

Fig.III.16 : Affichage de RA.

Le pilote doit retourner à l'altitude initiale, soit lorsqu'il s'assure du passage de l'intrus visuellement, soit par le TCAS même, ou par les deux en même temps.

L'annonce auditive "Clear of Conflict" indique au pilote que le conflit est terminé et qu'il peut retourner à l'altitude précédente après qu'il ait évité l'abordage.

2. si le pilote entend une RA "Increase Descend" pendant la manœuvre de l'exemple 1, il doit augmenter le taux de descente pour éviter la collision.

Le pilote a toujours assez de temps pour agir, il ne faut pas que les manœuvres soient brusques ni agressives.

3. dans le cas de deux intrus ou plus, si l'exposition de RA affichée est semblable à celle de la figure .III.17, le pilote doit garder l'altitude jusqu'à que le trafic soit clair.

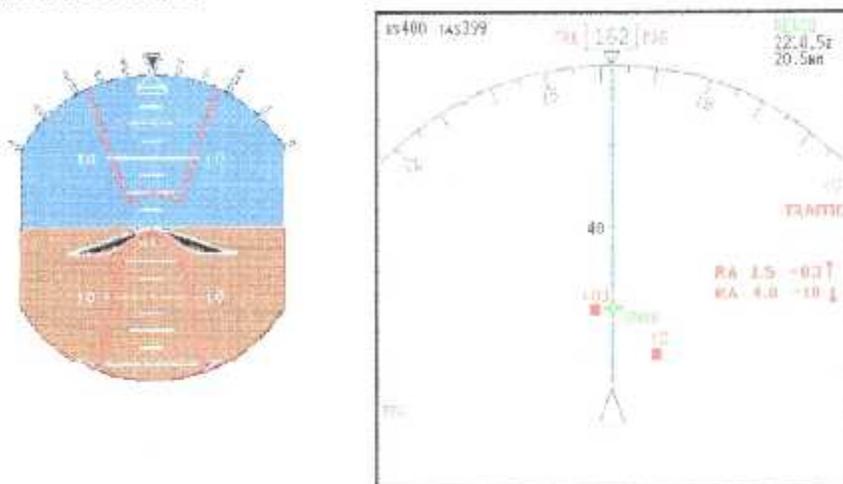


Fig.III.17 : Affichage d'une RAS de deux intrus.

Si le système TCAS tombe en panne pendant le vol, le pilote doit informer les autorités concernées par un compte rendu pendant le vol.

Si le pilote localise l'intrus visuellement, il a la responsabilité de faire une manœuvre non indiquée par le TCAS afin d'éviter l'abordage.

III-2.3 Fonctionnement de TCAS dans l'RVSM :

Dans cette partie quelques détails de fonctionnement de TCASII mode S version 7 dans l'espace RVSM mettent en relief les types des TAs et RAs qui peuvent être attendus dans un espace aérien RVSM, et dans un air de transition au point d'entrée et de sortie de l'espace aérien RVSM.

Une TA sera publiée où un aéronef marchant à 1000ft au dessus ou au dessous de l'aéronef de référence passe l'intrus, ou être passé par l'aéronef intrus; la TA peut être affichée pour 5 minutes, et ça dépend du taux de référence, (dans cette situation, si un deuxième intrus passe par l'aéronef de référence à l'intérieur des paramètres de TA, une deuxième TA et une alerte auditive seront publiées).

Si le taux de fermeture est moins de 100 nœuds, la TA ne sera pas publiée avant que l'aéronef intrus est environ 1,3 NM de l'aéronef de référence.

Dans la plupart des affichages du trafic, si la gamme d'affichage sélectionnée est supérieure de 10 NM, le symbole de l'aéronef intrus va toucher le symbole de l'aéronef de référence quand la TA sera publiée.

Quand le taux de fermeture entre deux avions est extrêmement lent (la vitesse du sol environ 20 nœuds), plusieurs TAs peuvent être publiées contre le même intrus, juste avant que la TA a été enlevée. Comme elle est possible aussi d'avoir plusieurs TAs publiées contre le même intrus durant un passage, comme le vent à une altitude adjacente change, ce qui modifie la vitesse sol des deux aéronefs.

Si un aéronef change son altitude pendant l'espace aérien RVSM utilisant une vitesse verticale supérieure de 1500fpm pendant que dans une proximité horizontale proche (moins de 2 NM) à un aéronef qui est au même niveau, c'est possible que TCAS publie une TA.

Un potentiel pour un affichage de RA prolongé : si un aéronef dans 2NM horizontalement, et un intrus a un taux vertical de 1500fpm environ, et un niveau de vol adjacent proche. Si un aéronef change son altitude pendant l'espace aérien RVSM en utilisant une vitesse verticale supérieure d'environ 1500fpm, pendant une proximité horizontale proche (presque 2 NM) d'un autre aéronef, c'est possible que TCAS publie une RA puisque l'aéronef montant ou descendant s'approche dans son altitude (fig.III.18). Pour les aéronefs montants ou descendants, la RA aussi risque d'être une RA Montée ou Descente.

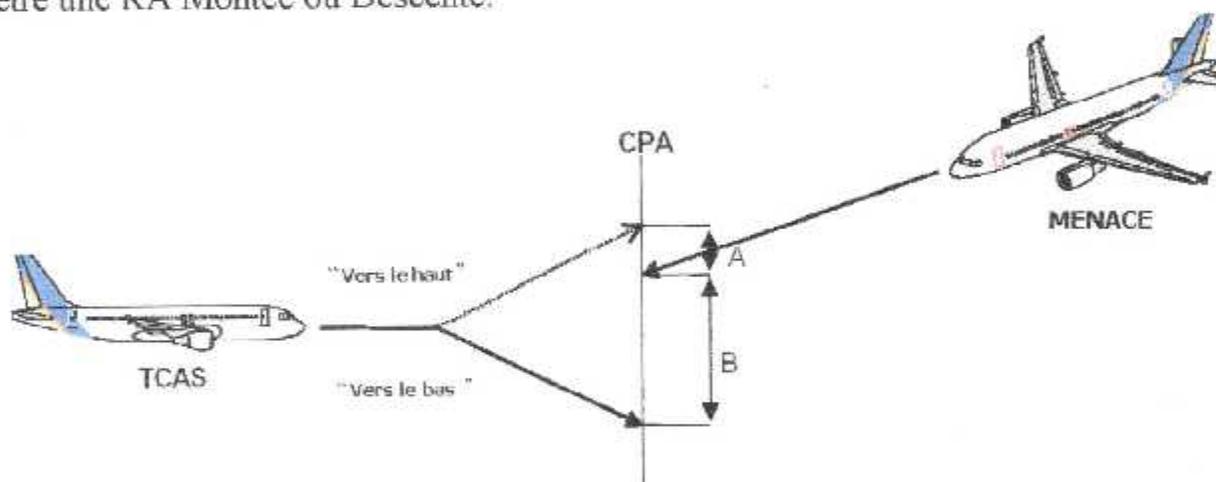


Fig.III.18 : Les RAs initiales possibles.

Dans une rencontre typique, les RAs Montée ou Descente seront affichées jusqu'au moment où l'aéronef – au même niveau – a monté entre 500 et 1000ft. Si l'aéronef montant ou descendant est équipé aussi avec TCAS, le déplacement de niveau de l'aéronef requis sera moins.

Si l'aéronef manœuvrant est divergé en une gamme à un taux lent avec l'aéronef de référence, la RA Montée ou Descente peut rester affichée pour plusieurs minutes, quand même l'aéronef manœuvrant s'est stabilisé. **Pendant que cela suppose d'être rare**, un tel événement peut causer des déplacements très larges de l'altitude assignée en se conformant avec RA. Si RA Montée ou Descente reste affichée pour une période de temps prolongée, ce serait indicatif d'une rencontre du taux de fermeture lente et les pilotes devraient utiliser toutes les données disponibles

(l'affichage de trafic de TCAS, les queues visuelles, connaissance de la liquidation d'autre avion, etc.) pour déterminer si la séparation verticale entre deux aéronefs est toujours convergente, c'est possible qu'une longue durée de RA Montée ou Descente (affichée pour plus de 30 secondes) est en réponse à ce type de rencontre lequel la version courante de TCAS a une difficulté en résolvant. Cependant que les pilotes doivent aussi avoir connaissance de longue durée de RA peuvent aussi se produire quand un avion intrus "chassé" l'avion TCAS, c'est à dire, l'intrus continue sa montée vers l'aéronef TCAS qui repend à une RA Montée (ou vers le bas voir la figure.III.19). Dans la situation où un deuxième intrus passe l'aéronef de référence au-dedans les paramètres RA, une deuxième RA avec une alerte associée seront publiées.

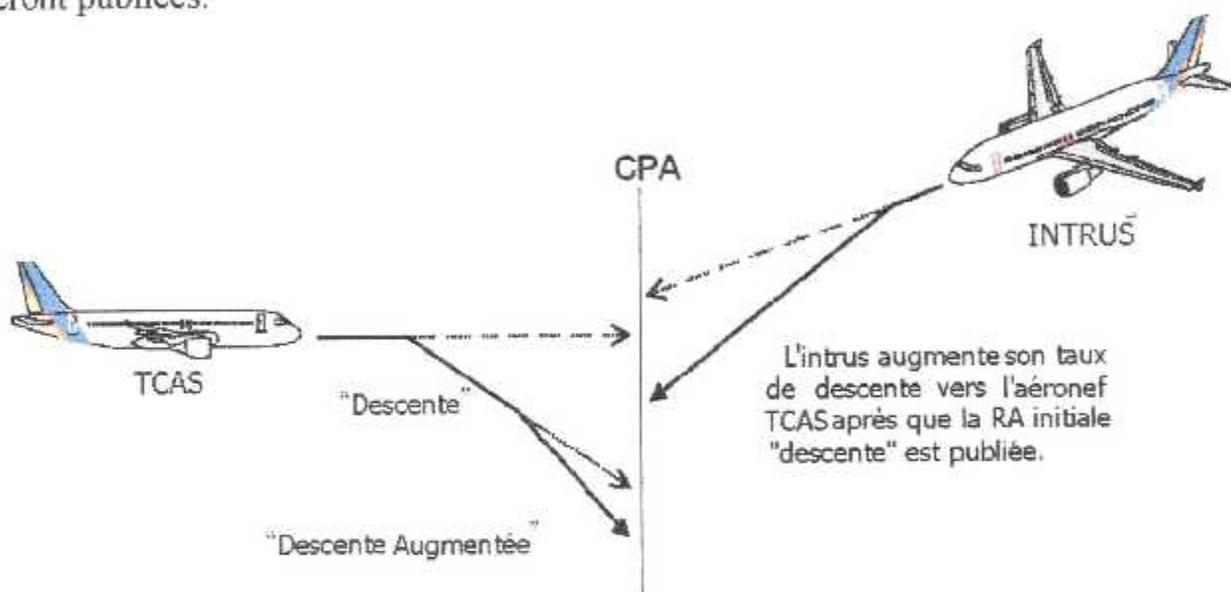


Fig.III.19 : Changement de RA.

L'effet de turbulence d'un aéronef de 1.1nm à un autre : une turbulence modérée et sévère peut provoquer un mouvement que le TCAS peut interpréter, soit Monter soit Descendre. Ces changements dans la vitesse verticale peuvent résulter dans la projection du TCAS une séparation verticale pour être moins de 800ft à CPA, qui peut aboutir une RA publiée dans une proximité proche (1.1NM) d'un autre avion à une altitude adjacente.

Potentiel pour un affichage de RA prolongée : les RAs publiées dans les types de rencontres décrites dans le paragraphe précédent, le champ de "NE PAS Monte/Descend" préventif à "Montée ou Descente" correctif. Si le taux de fermeture entre deux aéronefs est très lent (encore moins de 20 nœuds), c'est possible que la RA reste affichée pour plusieurs minutes. A cause du désigne de TCAS, dans certains conditions, la RA initiales Monter ou Descendre ne seront pas changées durant ce temps (fig.III.20), lequel peut aboutir des déplacements de l'altitude assignée si le pilote continue à se conformer à une RA. Cependant, si un troisième aéronef est au-dedans 1.1 NM et l'altitude adjacent n'est pas occupée par un aéronef oscillant, une Montée ou Descente RA sera modifiée.

III-3 Les limitations TCAS :

Un avis de résolution RA donnée sur l'axe de profondeur de l'aéronef dépend de sa performance (motorisation, aérodynamique, plafond de vol...).

Exemples :

1\ Si un avion de ligne de type B777 vol à FL 431 (13137 m) qui est le plafond de vol de ce type d'appareil, le TCAS ne fournira pas des solutions RAs vers le haut.

2\ Pour la plus part des aéronefs les TCAS ne fournira pas des RAs vers le bas a moins de 500ft AGL (fig.III.21)

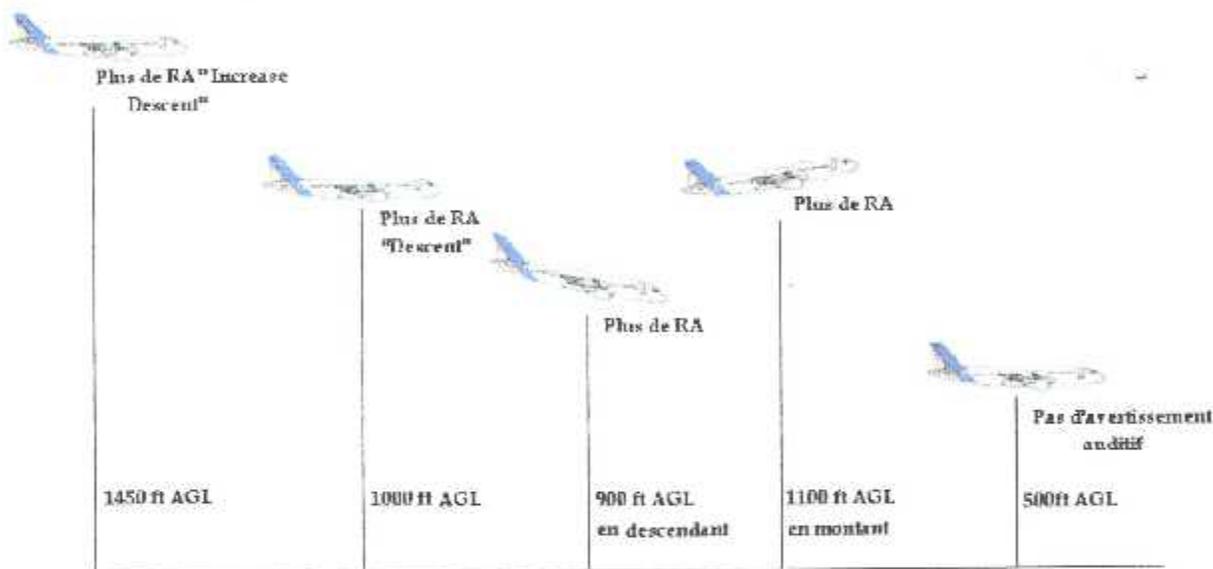


Fig.III.21 : limitation du RA.

Un système de TCAS est aveugle devant tout appareils volant sans transpondeur comme les planeurs et les avions de voltige

Si le ATC de l'aéronef intrus tombe brusquement en panne, l'équipage du vol peut identifier un intrus qui n'est pas affiché dans le post de pilotage visuellement où lequel disparaîtra de l'exposition pourtant que le système fonctionne correctement.

L'équipage de bord ne doit pas survoler les limite des performances de l'aéronef pendant la repense d'avis de résolution RA du système TCAS.

III-4 Inspection Et Maintenance Du TCAS :

Tout instrument avionique doit suivre son programme de inspection.

III-4.1 Séquence du test prolongé:

Si le bouton de test reste poussé pour plus de 9 secondes, la séquence du test prolongé est initialisé et marchera tant que le bouton est poussé.

L'indicateur VSI/TCAS (ou équivalent) affiche un chiffre de partie software pour 5 seconde, et puis le résultat du test s'affiche "Fail" pour les équipements échoués et "Ok" pour les autres.

Les procédures de test du TCAS ne s'effectuent que au sol.

III-4.2 Annonciations échoués :

A la fin de séquence du test le système génère un message vocal synthétique "TCAS system test Ok : le test du système TCAS" si le système est ok, ou "TCAS system test Fail : le test du système TCAS est Echouée" si quelque chose anormal est détectée. Dans ce cas l'affichage de résultats du test montre "Fail" au lieu "Ok", opposée de l'équipement échoué.

Il existe quelques types de TCAS qui en plus de tout cela, deux fenêtres devant le calculateur TCAS affichent un code identifiant l'équipement échoué selon le tableau III.05 ou directement sur les TCAS par le code des lampes (fig.III.15 et II.04):

Code	Equipement	
	Anglais	Français
TA	TCAS Processor	Processeur TCAS
A#	Top Antenna	Antenne de haut
B#	Bottom Antenna	Antenne de bas
X1	Mode S Transponder 1	Transpondeur Mode S 1
X2	Mode S Transponder 2	Transpondeur Mode S 2
RA	Radio Altimeter 1and 2	Radio Altimétrique
PT	Pitch Altitude Data	Données d'Altitude Tangage
RL	Roll Altitude Data	Données d'Altitude Roulis
HD	Heading Data	Donnée de la Profondeur
BD	RA Display	Affichage RA
PP	Program pins	Code de programme

Tableau III.05 : les codes de test du TCAS.

Si pendant les inspections périodiques il apparaît un problème dans un ou plusieurs éléments qui composent le système anticollision embarqué TCAS, il faut

que les autorités concernées satisfassent toutes les exigences de la navigabilité de ce système avant que l'aéronef quitte le sol.

Le système anticollision TCAS subie la maintenance selon le fonctionnement, où il serait examiné pendant la grande visite GV de l'aéronef.

Au sol, le test de navigabilité du système TCAS est effectué par les ingénieurs d'application en avioniques en utilisant des testeurs générateurs du trafic virtuel, ce bloc testeur nous permet de localiser les composants défectueux du système directement.

Exemple : la figure III.22 les testeurs du TCAS.

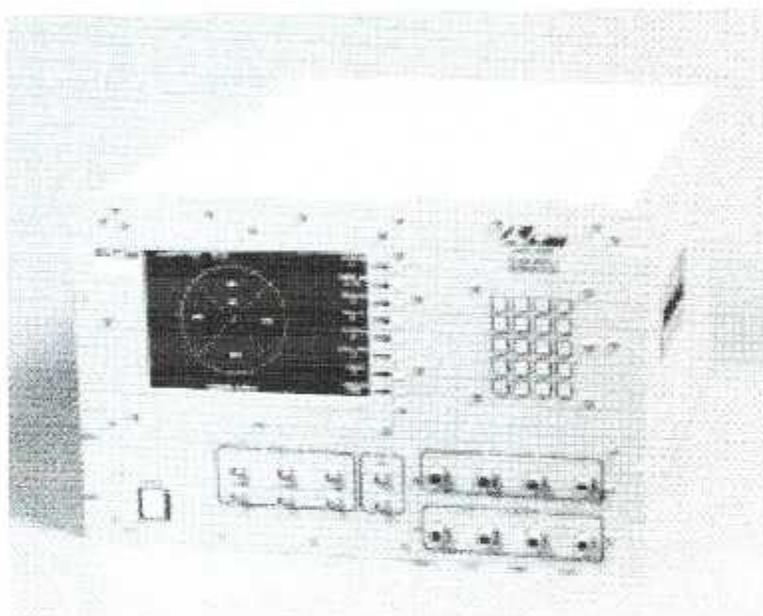


Fig.III.22 : Le testeur RGS2000.

Remarque :

Le transpondeur de mode S peut fonctionner indépendamment, sans TCAS II. Cependant, la plupart des tableaux de commande de mode S comportent des positions de sélection des fonctions du TCAS est équipé d'un tel tableau de commande de mode S, on doit y placer une affichette pour rappeler à l'utilisateur de ne sélectionner que les fonctions se rapportant au mode S.

III-4.3 Affichage de bus ARINC 429 par le TCAS:

Pour un contrôle plus profond, la validité des informations des informations transmises par le calculateur TCAS aux indicateurs, elles doit être vérifiées, en connectant au testeur ARINC 429 des buses hautes vitesses du TCAS-DISP (ou la fenêtre TCAS) lié au calculateur TCAS des indicateurs VSI/TCAS.

Les étiquettes transmises dans ce bus viennent des différentes sources :

- Les étiquettes générées par le calculateur TCAS.
- Les étiquettes générées de l'unité de contrôle et passant successivement à travers les transpondeur et le calculateur TCAS.
- Les étiquettes reçues ou re-publiées par les transpondeurs et passant à travers le calculateur TCAS.

III-5 Vue Futuriste :

L'évolution du système TCAS ne cessé d'évoluer de jour a jour ; on cite deux système TCAS mais sur le marche depuis l'année 2001 :

➤ le premier est un système est KMD550/850 de Honeywell® qui donne la position GPS de l'aéronef et la compare avec une carte de l'environnement survoler à l'aide d'une carte mémoire par l'équipage dans le système TCAS. -



Fig.III.23\ a : L'interface de TCAS KMD550/850.

Ce type de TCAS mode S est lui-même un afficheur des autre paramètres du vol liée a l'FMS.



Fig.III.23\b : Affichage complexe dans l'écran du TCAS KMD550/850.

➤ Le T²CAS (Traffic And Terrain Collision Avoidance System) est système qui utilise l'information GPS comme option et il capte les reliefs en 3D afin de gêner des avis RAs en verticale et horizontale, par l'augmentation du TCASII 2000 mode S par la carte matérielle TAWS (Terrain Avoidance Warning System).

Simulation

Introduction

Vue les améliorations portées par le système TCAS-II pour la séparation des avions dans l'espace aérien, on va essayer dans ce chapitre de présenter une simulation simplifiée du système TCAS-II basée sur un algorithme fait par un ingénieur d'installation [11] qui permet de générer des RAs et/ou des TAs contre des avions intrus.

L'amélioration principale qu'on a porté par rapport aux algorithmes déjà faits est de les réunir dans un seul algorithme, qui peut générer les avis de circulation et de résolution par la même fiabilité, plus qu'on crée un objet d'aéronef que ne faciliter le traitement des données de position d'intrus, afin de gérer la bonne résolution dans un espace de trois dimensions.

Outil de traitement :

Pour réaliser la simulation, on a utilisé le logiciel MATLAB 4 sous plate forme Windows comme outil de programmation pour visualiser les résultats d'une petite partie de CAL (collision avoidance logic).

Algorithme du développement :

Dans ce paragraphe, on va détailler les différentes étapes de l'algorithme utilisé pour gérer des RAs et des TAs contre un intrus situé dans trois positions différentes dont il peut provoquer une menace de collision.

L'objet de référence représente le centre de gravité de l'aéronef TCAS, ceci et l'aéronef intrus sont représentés en quatre points comme il est montré dans la figure IV.01.

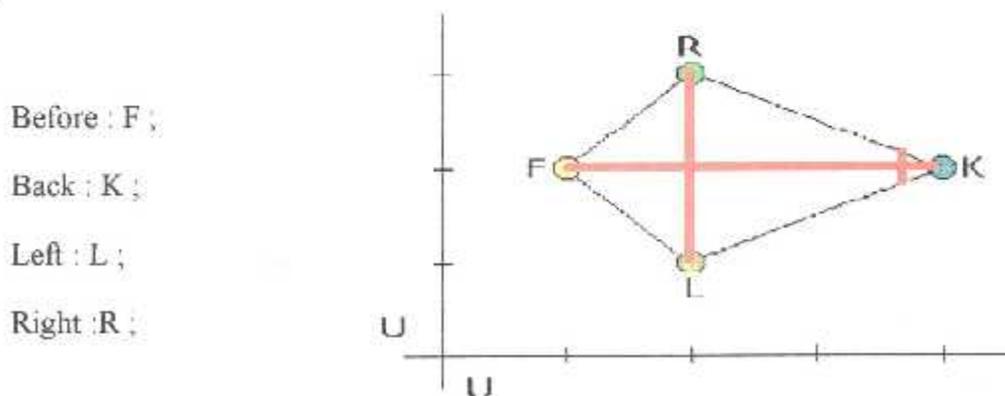


Fig.IV.01: Objet aéronef.

Les quatre points (F, K, L et R) qui représentent les quatre extrémités qui enveloppent l'aéronef de référence ou l'intrus forment un losange irrégulier.

Toutes les dimensions reliées à l'aéronef de référence finies par l'indice i indiquent que ces dimensions sont celles de l'intrus, exemple : les quatre points qui représentent les extrémités deviennent (F_i, K_i, L_i et R_i).

Le système TCAS surveille le trafic dans deux principaux volumes ellipsoïdes où le volume RA des résolutions est encapsulé dans le volume TA qui alerte le trafic proche.

Si un intrus entre dans le volume de RA, un avis de RA sera publié ; et si il entre dans le volume de TA, un avis de TA sera publié par le TCAS.

Les avis de TA et de RA publiés dépendamment au type de rencontre.

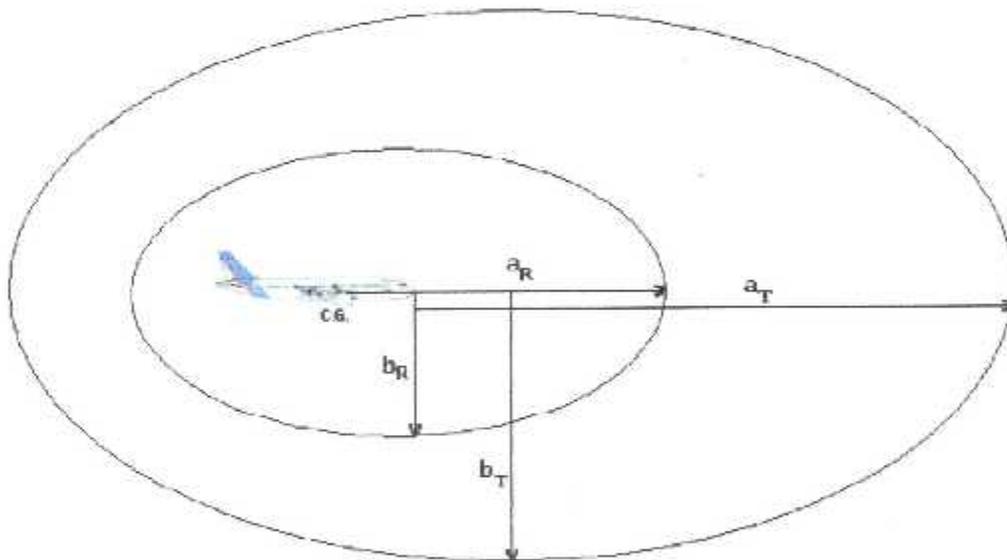
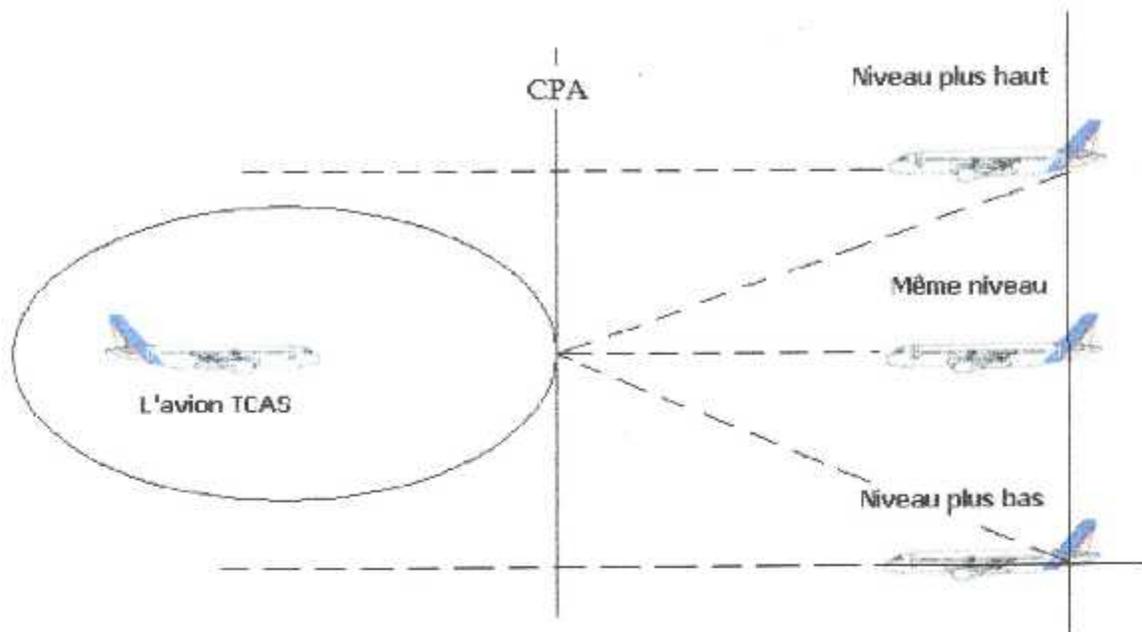


Fig.IV.02 : les volumes RA et TA.

L'équation de l'espace de surveillance en trois dimensions s'écrit sous la forme suivante :

$$F(x,y,z) = \left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 + \left(\frac{z}{c}\right)^2 - 1$$

Un intrus peut avoir trois niveaux de rencontre par rapport à l'altitude de l'avion de référence : un niveau plus haut, plus bas ou même niveau de l'aéronef de référence.



CPA : le plus proche point de l'impacte.

Fig.IV.03 : Les trois niveaux l'intrus.

Les figures représentent le vecteur du mouvement de l'intrus qui aide à calculer ces coordonnées par la même équation, en utilisant un angle α qui nous aide à faire ceci.

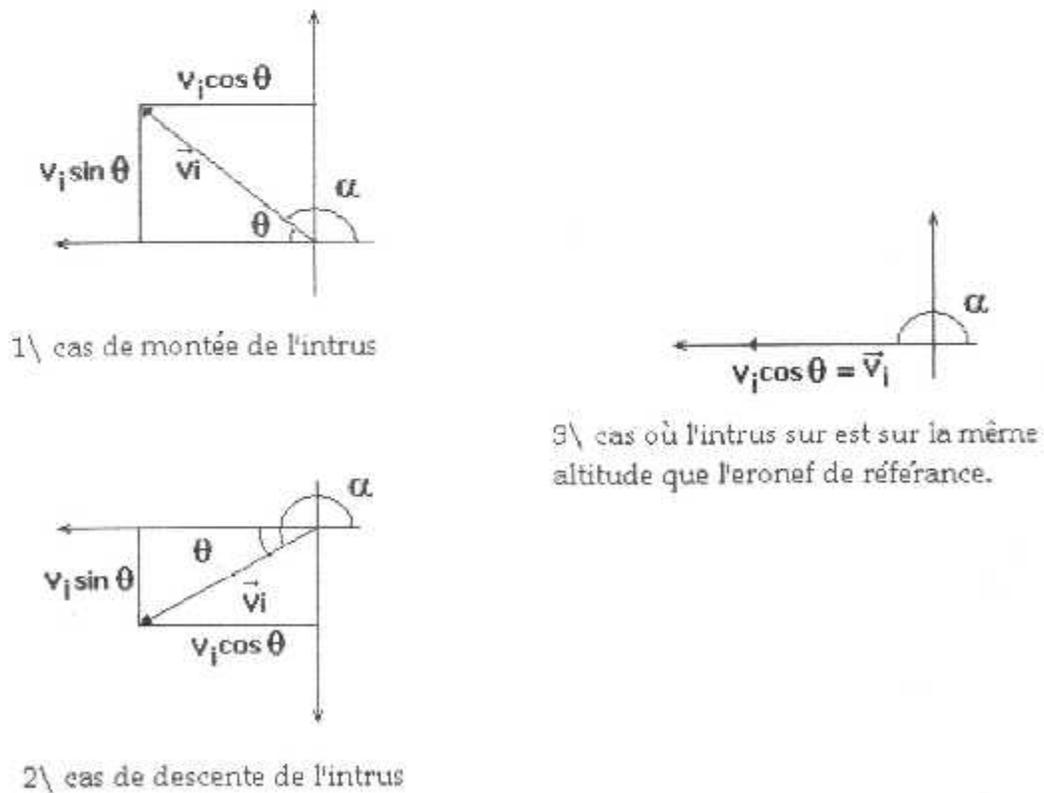


Fig.IV.04 : Angle de l'intrus.

D'après la figure IV.04 \1 : $\pi > \theta > 2/\pi$

$$\alpha = \pi - \theta$$

$$\Rightarrow V_i = \begin{cases} -V_i \cos \alpha \\ V_i \sin \alpha \end{cases}$$

le cas 2\ : $2/\pi > \theta > 3\pi/2$

$$\theta = \pi + \alpha$$

$$\Rightarrow V_i = \begin{cases} -V_i \cos \alpha \\ -V_i \sin \alpha \end{cases}$$

le cas 3\ : $\theta = \pi$

$$\text{Donc } \alpha = \theta$$

$$\Rightarrow V_i = \begin{cases} V_i \cos \alpha \\ 0 \end{cases}$$

Dans le cas général, les coordonnées cartésiennes de l'intrus, quelque soit son niveau de vol relativement au référence, s'écrivent comme suit :

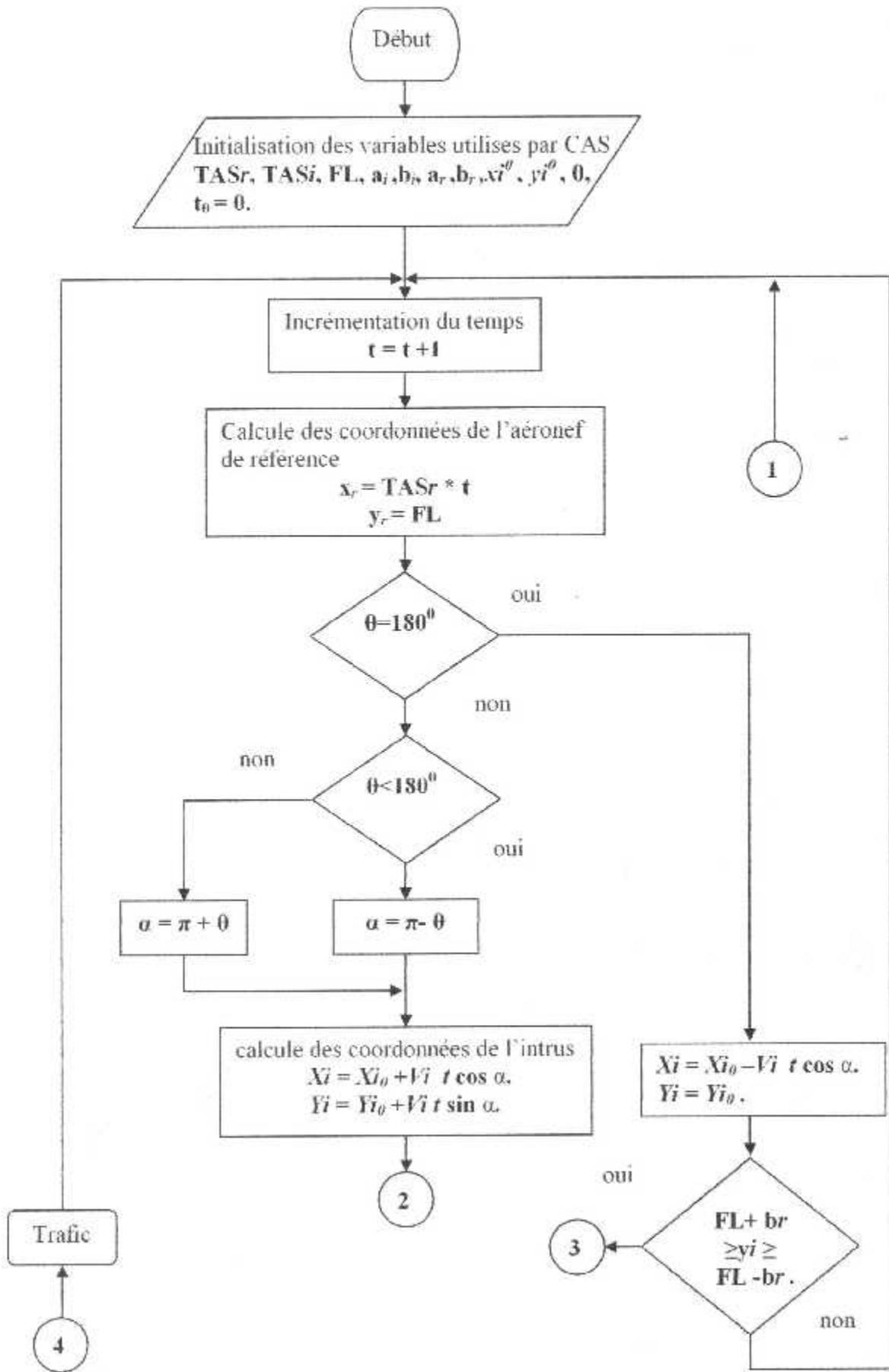
$$X_i = X_{i_0} + V_i t \cos \alpha.$$

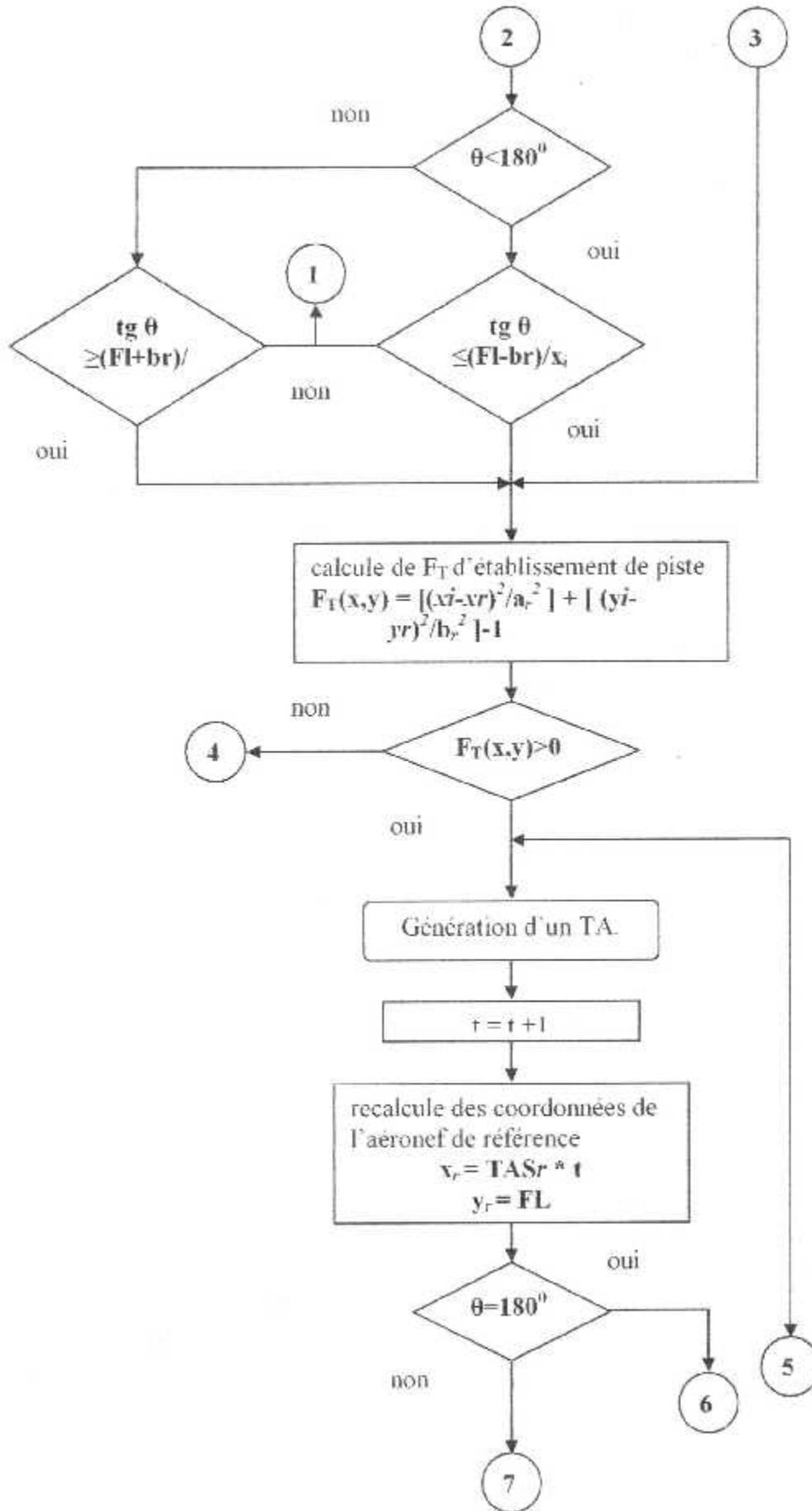
$$Y_i = Y_{i_0} + V_i t \sin \alpha.$$

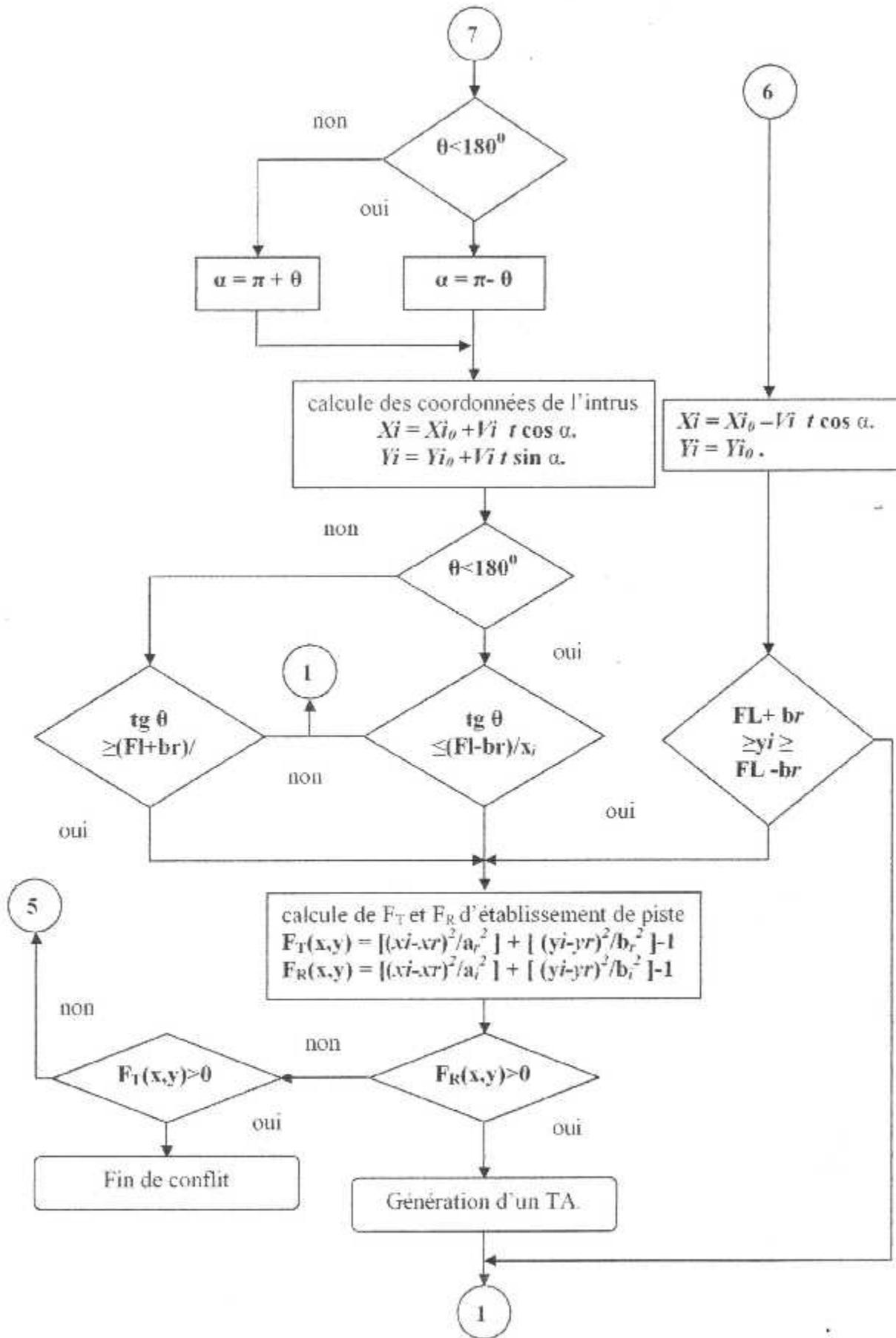
Avec :

t représentent le temps et (X_{i_0}, Y_{i_0}) sent les coordonnées initiale de l'intrus à $t_0=0$.

Les informations citées précédemment sont utilisées dans l'organigramme d'algorithme CAL suivent :







IV-3 Résultat et Commentaire :

Pour noter simulation, on a choisi les valeurs des demi-axes des ellipses (RA et TA) comme suit :

$$A_T = 3.2$$

$$A_R = 1.1$$

$$B_T = 1.2$$

$$B_R = 0.8$$

Et on a supposé que les deux aéronefs, referance et intus, sent de la meme vitesses ($TAS_T = TAS_R = 270$).

Les résultats obtenir ne sont pas les aboutissements voulu, ni on point de vu de simulation graphique ni des résultat mathématique en utilisant le MATLAB à cause :

1. le manque d'expérience de programmation par le MATLAB ; on ne peut pas faire quelque chois remarquable pendant un mois.
2. on n'a aucun résultat déjà fait sur les simulations du système TCAS mode S, donc on ne peut comparer notre résultat avec d'autres travaux pour voir leur validité.

Malgré toute la sécurité qui enveloppe la réalité du système TCAS, on dit que pour faire une bonne simulation de ce système anticollision il faut utiliser le langage de programmation évalué comme le C++ et JAVA dans un réseau de base de données distante sous une plate forme UNIX, où chaque poste de ce réseau est assimilé à un aéronef et le protocole de communication du réseau représente le protocole de communication mode S.

Conclusion

Conclusion

Nous avons essayé de montrer dans tous ce qui est déjà passé le principe de fonctionnement d'un système anticollision logique le plus développé et qui est utilisé en aéronautique, le TCAS II mode S version 7.

Le système anticollision embarqué TCAS II mode S est un système qui augmente la sécurité de la circulation aérien dans l'espace de trafic dense, la version 7 a ramené des améliorations concernant les avis de résolutions et plus de précision pour l'établissement des pistes menaçants la sûreté du trafic. Tous cela pour garder le moyen de transport aérien le plus sûr et sécuritaire.

D'une certitude préalable de ressemblance entre les logiques anticollision des robots et des aéronefs, ce travail nous a permis de nous familiarisé avec un système embarqué complexe qui nous a été inconnu avant ce mémoire, plus qu'une initialisation méthodique de simulation par le logiciel MATLAB.

La difficulté rencontrée est relative au manque bibliographique qui n'avis pas permis de faire une étude logistique sur tous les cas des intrus qui provoquent des possibilités de collision.

En fin, nous souhaitons que ce modeste, travail qui n'est qu'une initialisation de notre future projet, servira les future étudiants bien que nous espérons que ce travail présente aussi un appui pour des éventuelles études comparative avec d'autres logiciels et qu'il pourra être utile aussi pour améliorer l'algorithme par un langage de programmation plus performant.

Annexes

Glossaire liée au TCAS et les Accidents aériens

AAIB: Air accident investigation branch.

ACARS: aircraft communication addressing and reporting system. Système permettant l'échange d'information, sous forme digitale, en VHF, entre l'avion et le sol. Et renseigner l'avion sur les conditions météorologiques, d'échanger des informations relatives à la maintenance de l'avion.

ACAS: airborne collision avoidance system.

ACMS: aircraft condition monitoring system.

ADIRS: air data inertial reference system.

ADP: aéroport de Paris.

ADR: air data computer.

ADREP: accidents data reporting experts' panel.

ADS: automatic dependent surveillance

AECMA: association européenne des constructeurs de matériels aérospatial.

AELLE: association européenne de libre échange.

Aérodrome : surface définit comprenant une ou plusieurs pistes, chemins de roulement, parkings, installation de matériel destiné à être utiliser pour l'atterrissage, le traitement au sol des avions etc.

Aérodrome de dégagement : aérodrome spécifié sur le plan de vol, vers le quel le pilote se dirige lorsque le terrain de destination initial n'est pas praticable.

Aérodynamique : appliquée à l'aviation, science qui étudie les effets de l'air sur les profils des avions.

Aérofrein : plaque qui apparaissent sur les cotée supérieurs des ailes d'avion.

Aéronef : toute appaerille qui peut se soutenir dans l'atmosphère grasse à des réactions de l'air autre que les réactions de l'air sur la surface de la terre.

Aéroport : est un aérodrome plus toutes les activités industrielles commerciales, administratives et autre reliée plus au moins directement au transport.

AFS: auto flight system.

Aides radio: installation au sol émettant différentes sortes de signaux captés par les avions et exploités pour la navigation par les équipages.

Ailes : les ailes servent à la sustentation de l'avion, obtenue par la portance créées par la dépression, existantes sur les ailes, grâce à la vitesse. Leur inclinaison est commandé par les ailerons qui font incliner l'avion à gauche / droite. Et leur angle d'attaque est commandé par la gouverne de profondeur. Leur profil est modifié par les volés de bord de fuite et de bord d'attaque.

Ailerons : volés situés sur le bord de fuite de l'aile et servent à contrôler le roulis de l'avion.

Airway : route aérienne

AQP: advanced qualification program.

ARINC: aeronautical radio incorporated.

ARPT: airport.

ASRS: aviation safety report system.

A/THR: auto thrust.

ATIS: automatic terminal information service.

ATM: air traffic management.

ATSF: avion transport supersonique future.

Auto manette: dispositif de contrôle automatique de manette des gaz.

Auto trim : compensation automatique des efforts à fournir sur les gouvernes de profondeur.

Assiette longitudinale : angle formé par l'axe longitudinale de l'avion et horizontalé.

ATC : « Air Traffic control », service de contrôle de la circulation aérienne

AWY : « Airway », Route aérienne

Bande CVR : bande magnétique sur laquelle sont enregistrées les conversations, alarme sonore et bruit au cockpit, il s'agit d'une bande son fin, permettant l'enregistrement des 30 dernières minutes. La bande magnétique comporte une face recouverte d'un oxyde magnétique permettant l'enregistrement des informations, et une face graphitée passant sur les galets d'entraînement et de guidage de la platine d'enregistrement ou de lecture. Cette bande comporte 4 pistes parallèles recueillant simultanément les informations provenant de 4 capteurs situés au cockpit (Micro d'ambiance, boîtiers d'émission / réceptions du commandant du copilote et du poste observateur).

Bande D.F.D.R : bande magnétique sur laquelle sont enregistrés les informations élémentaires que sont les « Bit ».

La bande magnétique comporte une face recouverte d'un oxyde magnétique permettant l'enregistrement des informations, et une face graphitée passant sur les galets d'entraînement et de guidage de la platine d'enregistrement ou de lecture. Il s'agit d'une bande son fin, permettant l'enregistrement des 25 dernières heures sur 6 pistes parallèles. Chacune de ces pistes est normalement utilisée tour à tour et le changement de piste intervient normalement toutes les 4 heures 10 minutes (25H/6= 4H 10)

BEA : « bureau enquête accidents », ce bureau dépend de l'inspection générale de l'aviation civile **L.G.A.C.**, qui dépend elle-même du ministère du transport.

BIT : contraction des mots anglais « Binary digit ». Unité élémentaire d'information qui ne peut prendre qu'une des deux valeurs 0/1

Blessure mortelle : À seule fin d'harmoniser les statistiques, l'**OACI** considère comme blessure mortelle toutes blessures entraînant la mort dans les 30 jours qui suivent la date de l'accident. (Confirmer par l'art. 3 –Directive N° 94/56 du conseil du 21/11/94).

Boîtes noires : Traduction de « **black box** » signifiant les enregistreurs de vol.

BPI : « Bits per inch » densité d'informations présentées par le nombre de bits enregistrés sur une distance de 1 puce (2,54cm).

BUG : Erreur dans la programmation dans un logiciel.

BUS : Barre de distribution électrique. Il existe des bus d'alimentations électriques (Bus de puissance) et des bus de distributions de signaux électriques codés (Bus **ARINC**).

Bus ARINC : bus dans laquelle circulant sous faible puissance électrique, des informations électroniques enregistrés sous forme de bits codés selon un ordre régi par la codification normative **ARINC** (exemple **ARINC 429**).

Vers des droites de trafic, d'attribuer les subventions, d'approuver les tarifs et de réglementer et contrôler les ententes entre les transporteurs. A partir de 1958, la mission de veiller à la sécurité fut confiée à la **FAA (federal aviation agency)** qui devint, en 1966, la **FAA (federal aviation administration)** avec pour mission :

- De protéger les transporteurs d'une concurrence jurée destructive.
- De protéger les usagers contre des pratiques abusives de transporteurs placés en situation de monopôle.
- De promouvoir le développement des réseaux de compagnies à l'aide d'un système de subvention croisées permettant de combler le déficit des lignes non rentables grâce aux recettes de lignes bénéficiaires.
- De garantir un bon niveau de sécurité par l'intermédiaire de réglementations et de contrôles techniques.

Puis dès 1970, étant donné que la réglementation paraissait être un frein à toute innovation commerciale ou tarifaire, que le trafic avait été multiplié par 300 en une quarantaine d'années, les prodromes de la « dérégulation » firent leur apparition. L'Airline deregulation Act remplaça progressivement le **CAB** qui cessa son activité en 1984.

Nb : le contrôle des accords internationaux entre compagnies et l'allocation des subventions fut confiée au **DOT (department of transport)**. Quant au contrôle des fusions il fut confié au **DOJ (department of justice)**.

CAC : « code de l'aviation civil »

CAG : circulation aérienne générale.

Calage altimétrique : affichage par pilote sur son altimètre, d'une pression de référence à partir de laquelle, l'altitude mesurée sera indiquée. Les trois principaux calages altimétriques utilisés sont le **QFE**, lorsque le pilote affiche sur son altimètre la pression atmosphérique qui règne au niveau de terrain d'atterrissage, son altimètre indique l'altitude de l'avion par rapport à cet terrain. On dit qu'il a affiché le **QFE**. Lorsque l'avion a atterri, son altimètre indique alors une altitude de zéro.

Lorsque le pilote affiche sur son altimètre la pression atmosphérique ramené au niveau de la mer, on dit qu'il affiche le **QNH**. Lorsque l'avion a atterri, son altimètre indique alors l'altitude du terrain.

Lorsque le pilote affiche sur son altimètre la pression atmosphérique dite standard, soit 1.013.2Hpa (29.29pouces de mercure), son altimètre indique l'altitude de l'avion par rapport à cette référence. Cette n'a aucune utilité pour connaître la marge de sécurité par rapport aux obstacles survolé (cas du **QNH**) ou de l'altitude par rapport à un terrain sur lequel, on va atterrir (cas du **QFE**), mais, cette référence unique est affichée par tous les avions en croisière. En effet, afin d'assurer un espacement vertical entre toutes les appareils en vol, il est nécessaire que tous conservent une altitude déterminé par rapport à une référence commune.

CAP : « **HEADING** » ou **HDG** en anglais, sens dans lequel est dirigé l'axe longitudinal de l'avion. Le cap est exprimé en degré par rapport au Nord, de 000° à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre. Le cap 000° ou 360° correspond au Nord, le cap 090° à l'EST, le cap 180° au SUD et le cap 270° à l'OUEST.

CCR : centre de contrôle régional, chargé du contrôle régional de la circulation aérienne.

CDB : commandant de bord.

CDR : centre de résultat.

CDTI: cockpit display of traffic information.

CDVE: commandes de vol électriques.

CEA : commission d'enquête administratif, désigné par le ministère de transport en cas d'accident aérienne ou accidents grave.

CEAC : communauté européenne de l'aviation civile. Organisme créé en 1955, par la conférence des coordinations de transport aérien. La **CEAC** dispose d'une certaine autonomie par à l'**OACI** concernant les dispositions intereuropéenne.

CEV : centre d'essai en vol (Brétigny, Cazaux et Istres). Cet organisme est équipé pour effectuer le dépouillement des enregistreurs de vol, **DFDR**

CFDIU: centralized fault data interface unit.

CFIT: controlled flight into terrain (collision avec le relief d'un avion piloté).

CFMU: central flow management units.

Check-list: liste des vérifications et des actions à effectués par l'équipage dans les différentes phase de préparation et d'exécution normale du vol, ainsi que dans les manœuvres d'urgences.

CLA : contrôle local d'aérodrome.

CNS/ATM : communication navigation surveillance/Air traffic management.

COLSA: communauté locale de sûreté aéroportuaire.

Compte rendu préliminaire : communication utilisé pour diffuser promptement les renseignements obtenus pendant la première phase de l'enquête administrative et technique.

Configuration de l'avion : la configuration de l'avion est état dans lequel se trouvent utilisées les terrains d'atterrissage, les volés hypersustentateur et les aérofreins.

En configuration lisse, tous ces sous ensembles sont rentrés.

On configuration approche, plusieurs configuration se suivent selon la position des volés utilisés.

En configuration atterrissage le train d'atterrissage est sorti, et les volées peuvent occuper deux positions (configuration 3 ou configuration **Full**).

Après l'atterrissage les aérofreins sortent automatiquement pour contribuer au ralentissement de l'avion et à la destruction de la portance des ailes.

- Conseiller** : personne nommé par un état, en raison de ses qualifications, pour seconder son représentant accrédité à une enquête.
- Corde** : ligne imaginaire tracer entre le bord d'attaque de l'aile et sont bord de fuite, sert de référence au calcule l'incidence (angle d'attaque) de l'ale.
- COS** : comité opérationnel de sécurité.
- Cons index** : radio du coût de l'heur de vol et du coût du carburant. Paramètre essentiel du calcule effectué par le **FMGC** de la vitesse qui sera adoptée par l'avion en mode «managé». La valeur du cost index est propre à chaque compagnie et à chaque route. Elle est continue dans la « data base » avec la co-route. Elle est modifiable en vol.
- CRM** : cockpit resource management, compte rendu matériel, documentation remplie par l'équipage et par les services d'entretien pour consigner les plaintes des équipages relatives au fonctionnement de l'avion et toutes les opérations d'entretiens ou de préparation effectuées à la suite de ces plaintes ou sur initiatives des services d'entretien.
- CRNA** : centre régional de la navigation aérienne.
- Cross-check** : contrôle réciproque permanant de la trajectoire par les deux pilotes aux commandes, même en cas de panne.
- CRS**: confidential reporting system.
- CTA**: contrôle d'aérodrome.
- CVR**: cockpit voice recoder. Appareil enregistrant les conversations et bruits perceptibles dans le cockpit. La bande contient en permanence l'enregistrement des 30 dernières minutes. Les dernières informations enregistrées écrasent celles qui ont été enregistrées 30 minutes auparavant.
- DCS** : departure control system.
- Devis de masse** : également appelé « Etat de charge », ce document, établi manuellement ou par ordinateur, contient toutes les renseignements relatifs au chargement de l'avion : masse à vide, charge marchande, masse de carburant et centrage de l'avion avec et sans carburant.
- DFDR** : « Digital flight data recorder », enregistreur d'accident enregistrant les données de vol sur une bande magnétique contenant en permanence les 25 dernières heurs de vol.
- DGAC** : « direction générale de l'aviation civil ».
- DMC** : compte rendu matériel. Document rempli par l'équipage et par les services d'entretien pour consigner les plaint d'équipages relatifs au fonctionnement de l'avion et toutes opération d'entretien ou de réparation effectuées aux suites de ces plaintes ou sur initiative des services d'entretien.
- DMC** : distance measuring equipment. Appareil donnant la distance de l'avion par rapport à la station DME en miles nautiques. Le DME est généralement associé à un **VOR** ou un **ILS**.
- DNA** : direction de la navigation aérienne.
- DOT** : department of transport.
- DRAC** : direction régional de aviation civil.
- EAT-CHIP safety policy**: programme d'harmonisation et d'intégration du contrôle aérien en Europe.
- ECA**: **European** cockpit association
- EDIFACT**: Electronic data interchange for administration commerce and trade.
- EEE**: Espace Economique Européen.
- EFIS**: Electronic flight instrument system. Système de visualisation électronique de pilotage et de navigation.
- EGT**: Exhaust Gas temperature, température des gaz à la sortie des chambres de combustion (température tuyère).
- ENAC** : école national de l'aviation civil (Toulouse).
- Enquête** : Activités menées en vue de prévenir les accidents, qui comprennent la collecte et l'analyse de renseignement, l'exposé des conclusions, la détermination des causes et, s'il y a lieu, l'établissement de recommandation des de sécurité.

Enquêteur désigné : personne chargée en raison de ses qualifications, de l'organisation, de la conduite et de contrôle d'enquête. Aucun des termes ne devrait empêcher de confier ces fonctions à une commission ou autre groupe de personnes.

Enregistreur de bord : définition de l'OACI, tous type d'enregistrement installé à bord d'un aéronef dans un de faciliter les investigations techniques sur les accidents et les incidents. (Les 3 premières parties de l'annexe 6 de OASI contiennent des spécifications relatives à ces enregistreurs). Les avions de ligne sont équipés de deux enregistreurs de vol le **DFDR** et **CVR**. Les avion récent sont, en outre, équipés d'un enregistreur opérationnel **QAR** (quick access recorder), servant à l'analyse des vols et à la maintenance.

Entreprise : personne physique ou morale, poursuivant pas de but lucratif, ou un organisme officiel doté ou non de la personnalité juridiques (Art. 3- directive N° 94/56 du conseil du 21/11/94).

EP : Epreuve pratique.

EPL : Elève pilote de ligne.

APNdb : niveau effectif de bruit perçu, mesurée décibel.

ERA : European regional Airline organization.

Etat de charge : voire « Devis de masse ».

Etape : vol complet, du dépare à l'arrivé.

Etat de conception : Etat qui à juridiction sur l'organisme responsable de l'assemblage final de l'aéronef.

Etat de l'exploitation : Etat ou l'exploitant a son siège principale d'exploitation ou, à défaut, sa résidence principale.

Etat d'occurrence : état sur le territoire duquel se produit un accident ou un incident.

Euro-pilote : Association Européenne des pilotes de ligne.

Exploitant : personne, organisme ou entreprise qui se livre ou propose de se livrer à l'exploitation d'un ou de plusieurs aéronefs.

FAA : federal aviation administration, équivalent Américain de la direction générale de l'aviation civil.

FADEC: full authority digital engine control system. Système électronique numérique de commande des réacteurs à pleine autorité. Ce dispositif assure la transmission vers les moteurs des ordres donnés par le pilote sur les manettes de poussés ou de ceux émanant du système de contrôle automatique de la poussée (auto-poussée), et assure en outre les protections contre les dépassements des limites de fonctionnement des réacteurs.

FAF: Final Approach Fix, repère d'approche final.

FBS: Fixed based simulator.

FCU: Flight Control Unit. Panneau de commande électronique de la trajectoire de vol.

FDIU: Flight Data Interface Unit. Dispositif prélevant sur le bus **ARINC 429** les informations codées afférentes aux divers paramètres de vol et les envoyant aux enregistreurs **DFDR** et **QAR**.

Feet: Pieds, unité Internationale de mesure de l'altitude (1 pied = 0.305 mètre).

FFCC: Forward Facing Crew Cockpit.

FFP: Frequent Flyer program.

FFS: Full Flight Simulator.

FFS: Fondation Flight Safety.

FIR: Région d'information vol inférieur (au-dessous de 6.000 mètres).

FL: Flight Level, Niveau de vol en centaines de pieds (FL50: niveau de vol 5.000 pieds)

FMA: Flight Mode Annunciate.

FMGC: Flight Management Guidance computer. Calculateur de guidage et de gestion de vol.

FMS: Flight Management System.

FNA: Fédération nationale Aéronautique.

FPC: Formation pratique complémentaire.

F/Plan: Flight Plan, Plan de vol.

FPV: Flight Path Vector.

- FSF:** Flight Safety Fondation. Organisation internationale pour l'amélioration de sécurité aérienne.
- Ft :** Abréviation de Feet (pieds).
- FUA:** Flexible Use of Airspace.
- Full provision:** Provision complète, l'équipement "Full provision" comprend notamment tous ce qui est nécessaire pour faire fonctionner le **GPWS** (câblage, disjoncteurs, voyants, panneau de commande, etc.), il ne reste alors qu'à installer le calculateur **GPWS**.
- FWS:** Flight Warning Computer.
- GA:** Go Around (remettez les gaz).
- GAAT:** Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce.
- GDS:** Global Distribution system. Système informatisé de réservation.
- GESAC:** Groupe des experts de l'aviation civile. Qui élabore les plans d'actions anti-terroristes.
- GIFAS :** Groupement des industries françaises Aéronautique et spatiales.
- GIVS :** Groupe Interministériel des vols Sensibles.
- Glide :** Radioalignement de descente permettant aux avions équipés de récepteurs appropriés de suivre le plan de descente de l'Is, soit en pilotage manuel, soit en pilotage automatique. Ce plan est généralement de 3 degrés par rapport à l'horizontale (soit 5%) ce qui détermine le taux de descente à adopter en fonction de la vitesse (vitesse de 140 nœuds correspond à une descente de 700 ft/minute).
- Go Around:** remise de gaz en vue d'une reprise d'altitude.
- GPWS:** Ground Proximity Warning system. Système avertisseur de proximité du sol.
- IAF :** Initial Approach Fix, repère de début d'approche initial.
- IAS :** Indicate Air Speed. Vitesse lue sur l'anémomètre baromètre.
- IATA :** International Air Transport Association.
- Idle :** régime moteur en ralenti.
- IF :** repère du début d'approche intermédiaire.
- IFALPA :** Fédération internationale des pilotes de lognes.
- IFR :** Instrument Flight Rules. Ce terme désigné les règles de « vol aux instrument » par opposition aux règles de voles à vue (VFR). Il figure sur les plans de vol déposé à la tour de contrôle avant le vol.
- IGAC :** Inspection générale de l'aviation civile. Organisme chargé d'enquêtes, d'inspections, d'études concernant l'aviation civile. Cet organisme qui dépend directement de ministère de transport.
- ILS :** Instrument Landing System. Système d'atterrissage aux instruments. Ce système donne la position de l'avion en site et en azimute par rapport à un axe et un plan de décente.
- IMC :** Instrument Meteorological Conditions. Ce terme sert à désigne les conditions météorologiques qui imposent le « vol aux instruments » IFR par rapport aux conditions de vol à vue (VFR).
- Incidence :** Angle formé entre la direction de la corde moyenne de l'ail et la trajectoire de l'avion dans l'air. Appelé aussi «Angle d'attaque», car il correspond à l'angle sous lequel, les filets d'air «attaque» le profil d'ail. Sur A320, par rapport à l'axe longitudinale du fuselage et non par rapport à la corde de l'ail.
- IPL :** Instructeur pilote de ligne.
- IRS :** Inertial reference system. Système de référence de navigation à base de centrales à inertie.
- Irrégularité d'exploitation** Retard au départ lorsqu'il excède deux heure ; Le demi-tour ; l'atterrissage sur un aérodrome non prévu au plan de vol (définition IGAC/SA300).
- JAA :** joint aviation authorities. Pour tenter d'harmoniser les conditions d'exploitation des compagnies, un certain nombre de pays se sont regroupés et se sont dotés de cet organisme chargé d'établir l'ensemble des règlements techniques aéronautiques européens. Les JAA regroupent 23 pays, tous membres de la CEAC.
- JAR, s :** joint airworthiness requirements, règlements techniques aéronautiques européens.
- JIP :** joint implantation procedures.

Knot : « nœud » mesure de vitesse. 1nœud = 1.852 mètres/heure.

Know how: savoir faire.

KT: Abréviation de Knot "noeud".

Le groupe des exécutants : il s'agit du personnel au sol et du personnel navigant. Ces personnels constituant une population, en grande majorité, de haut niveau de qualification professionnelle. Malgré sa participation constante, pendant plusieurs années à la réduction des coûts et à l'augmentation de productivité, elle est toujours de plus en plus sollicitée et profondément pénalisée par les effets pervers de la dérégulation.

Le groupe des exploitants : il s'agit des décideurs des compagnies aériennes et autres organismes, plus au moins, directement impliqués dans l'exécution des vols, parmi eux, se trouvent tous ceux qui ne respectent pas les règles du jeu, et dont les comportements ont conduit, par exemple, à l'établissement de codes de bonne conduite. Les débusquer n'est pas chose facile. Mais ce qu'il y a de certain, c'est qu'ils existent, dissimulés parmi les nombreux qui, heureusement, jouent le jeu.

Le groupe de fonctionnaires : il s'agit de ceux qui élaborent les règles et de ceux qui sont chargés de les faire respecter, mais qui n'ont pas toujours la volonté ou les moyens de remplir leurs missions de contrôle et de sanction. La peur du gendarme n'existe quasiment pas dans l'aviation civile. Et en résulte que les lois et règles les plus élémentaires peuvent ne pas être respectées. Et si, dans rares cas, il y a sanction, l'expérience montre qu'elle est très discrète, pour ne pas affoler les passagers.

Le groupe des passagers : il s'agit des millions d'êtres humains, pas ou mal informés de ce qui se joue, à leur insu, en ce qui concerne de devenir de l'aviation. Ils ont été trompés par les promesses fallacieuses de la dérégulation. Ils ont aussi, inconsciemment, complices des tricheurs lorsque, par exemple, ils acceptent de voyager par une compagnie qui vient d'être lourdement sanctionnée pour défaut d'entretien.

LIST: licensing inspection standardization Team.

Locator: Balise, de faible puissance, placée généralement dans l'axe d'approche d'une piste.

LOFT: Line Oriented Flight Training.

Long parcours: voyage aérien qui éloigne un membre de l'équipage d'un aéronef de plus de 3.000 miles marins de son centre d'affectation ou dont l'itinéraire préétabli comporte, entre deux escales consécutives, un parcours supérieur à 1.200 miles marins.

LRU: Line Removable Unit.

Masse maximale : masse maximale au décollage consignée au certificat de navigabilité.

MB: Abréviation de Millibar, unité internationale de pression barométrique, aujourd'hui remplacé par l'Hectopascal.

MCDU: "multifunction control and display unit".

MDA: "Minimum Descent Altitude", altitude minimum à laquelle un avion doit impérativement effectuer une remise de gaz si le pilote ne dispose pas de repères visuels suffisants pour continuer l'approche et l'atterrissage.

MDH : « minimum descent height ». Hauteur minimum au dessus du sol, à laquelle un avion doit impérativement effectuer une remise de gaz si le pilote ne dispose pas de repère visuel suffisant pour continuer l'approche et l'atterrissage.

MEL : « minimum Equipment List ». Document officiel définissant les tolérances autorisées sur un avion au départ. Moyennant l'observation de certaines précautions ou limitations particulières, en cas de défaillance ou d'absence d'un équipement.

MMEL: « Master Minimum Equipment List ». MEL définie par le constructeur.

Metar : message d'observation météorologique régulière pour l'aviation.

MSAV: minimum safe altitude warning.

MTBF: Meantime Between Failures. Temps statistique moyen de fonctionnement entre 2 pannes.

MTTR: Mean Time to Repair. Temps moyen pour effectuer une opération.

MVL : Manœuvre a Vue Libre. Manœuvre effectué après « percée » sur un axe radiobalisé afin de réaliser la phase finale de l'approche en vol a vue.

NI : Vitesse du compresseur basse pression, exprimé en tour/minute ou en pourcentage du régime nominal.

N2 : Vitesse du compresseur haute pression, exprimé en tour/minute ou en pourcentage du régime nominal. Le **N2** est un paramètre important du point de vue de la régulation du moteur et du fonctionnement des alternateurs.

Nautical mile: UN mile nautique = 1.852 mètres.

NCP : Nouveau code pénale.

ND : navigation display, écran de navigation.

NIT : note d'instruction technique.

NOTAMS : avis aux équipages sur la disponibilité de moyen d'atterrissage, des changements de fréquences, etc.

OACI : organisation de l'aviation civil internationale. Elle publie entre autre des normes et des recommandations.

OCDE : organisation de coopération et de développement économique.

OVC : organisation du contrôle en vol, organisme dépendant de la DGAC et chargé de l'inspection et du contrôle des entreprises de transports aérien ainsi que de leurs équipages.

OPA: offre publique d'achat.

OPE: offre publique d'échange

OPJ: officier de police judiciaire.

OPL: officier pilote.

PA: Pilote automatique.

PENTE: angle formé par l'horizontale et la trajectoire du centre du gravité de l'avion en descente.

PEQ : code signifiant équipage.

PERS : programme européen de recherche supersonique.

PF : pilot flying. Pilote aux commandes de l'avion.

PFD: primary flight display. Ecran principal de pilotage.

Phase d'urgence : phase définies dans l'annexe 12 à la convention relative à l'aviation civil international.

Phase d'incertitude : situation dans laquelle, il y a lieu de douter de la sécurité d'un aéronef et de ces occupants.

Phase d'alerte : situation dans laquelle, on peut craindre pour la sécurité d'un aéronef et de ces occupants.

Phase de détresse : situation dans laquelle, il y a tous le penser qu'un aéronef et ces occupants sont menacés d'un grave danger et imminent et qu'il ont besoin d'un secours immédiat.

PHR : plan horizontale réglable. Surface mobile horizontal situé à l'arrière de l'avion et sur laquelle sont fixées les gouvernes de profondeur. Le PHR est actionné vers cabré ou piqué par une vis sans fin dont les mouvements sont fonction des lois de pilotage en vigueur. Il peut aussi être actionné manuellement par le pilote au moyen du volant du trim.

PL : pilote de ligne.

Plan de vol : P.L.N. Ce document doit être déposé au service de la navigation aérienne pour tout vol de ligne. Il constitue :

- Une déclaration du commandant de bord certifiant que les membres de l'équipage sont qualifiés et que l'aéronef possède l'équipement réglementaire pour entreprendre le vol concerné
- Un engagement du commandant de bord d'observer les règles et procédures consécutives au dépôt de P.L.N.

A partir du moment ou il est accepté par les services du contrôle de la circulation aérienne, il constitue de la par de ceux-ci, un engagement à fournir les services du contrôle de la circulation aérienne (information, contrôle, alerte).

PLN : abréviation du plan de vol.

PN : personnel navigant.

P/N: Part number, numéro de la pièce détaché.

PNC : personnel navigant commercial (hôtesses, stewards).

PNF: pilot no flying, pilote n'assurant pas la fonction de pilotage sur ce vol, mais chargé d'assister le pilote aux commandes (PF).

PNT : personnel navigant technique. Pilote et mécanicien navigant.

Ponctualité : ou respect des horaires publiés, se mesure en nombre de vols retardés par rapport aux horaires publiés.

TAS: true air speed.

TAT: total air temperature.

Temps d'arrêt : temps décompté pour un équipage déterminé, depuis le moment où l'avion s'immobilise à la fin de la dernière étape jusqu'au moment où l'avion commence à se déplacer par ces propres moyennes pour effectuer une première étape d'une nouvelle période de vol.

Temps de vol : temps décompté pour un équipage déterminé, depuis le moment où l'aéronef commence à se déplacer par ces propres moyennes en vue de gagner l'aire du décollage jusqu'au moment où l'avion s'immobilise à la fin du vol.

Terrain terrain pull up : alarme GPWS signifiant le taux de rapprochement excessif avec le sol et signifiant « Effectuer une ressource immédiate ».

TGEN: temps généré par le calculateur du système de dépouillement des bandes d'enregistrement D.F.D.R.

THR : thrust

THS: trimable horizontal stabilizer.

TKO: tones kilometer offers.

TLA: throttle level angle.

TOGA: take off-go around.

TRK: abréviation de "track" route.

TU : temps universel.

TWR : tour de contrôle.

UTC : cette notion permet de s'affranchir des contraintes liées à la définition de l'heure local à fin de disposer d'une référence unique du temps sur toute la surface de globale terrestre.

UE : union européenne.

UCCEGA : union des chambres de commerce et établissement gestionnaire d'aéroport.

UIR : union internationale de télécommunication.

US/C-ALPA : syndicat regroupant 47000 pilote appartient à 44 compagnies Américaines et Canadiennes.

UTC: universal time coordinates.

V1: vitesse avant laquelle le pilote peut interrompre le décollage en cas de panne de moteur. Si cette vitesse est atteinte ou dépassée, le pilote doit poursuivre de décollage jusqu'à atteindre la vitesse V2 nécessaire à l'envol de l'avion.

V2 : vitesse atteinte pendant le décollage permettant l'envol de l'avion.

Variomètre : appareil indiquant le taux de descente/montée de l'avion en Ft/min.

VFR: visual flight rules.

VHF: very high frequency. Gamme de fréquence radio dont la propagation est limitée à la portée visuelle et fonction de la hauteur de l'avion.

VMC: visual meteorological conditions.

Volets: dispositifs hypersustentateurs situés soit au bord d'attaque de l'aile "Slat", soit au bord de fuite ou "Flaps".

VOLMET : émission météorologiques en radiotéléphonie VHF.

VOR: visual omni directional range.

VORTAC: combinaison VOR et TACAN.

VR: au décollage, vitesse à laquelle, le pilote commence à tirer sur la gouverne de profondeur. Quelques secondes après ce début de manœuvre, l'avion atteint la vitesse V2 qui permet l'envol de l'avion.

V/S: vertical speed.

Water pack: protection thermique interne des boîtiers D.F.D.R et C.V.R; à base d'eau contenu dans des alvéoles. La vaporisation de cette eau permet de retarder l'endommagement de la bande en cas d'incendie.

Whoop Whoop Pull Up : alarme GPWS signifiant effectuer une ressource d'urgence.

Yield management: technique de maximisation de la recette de chaque vol.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] PC based Aircraft Data Link Processor. **EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION.**
P. Brun 12/1999.
- [2] Software Safety. **Aeronautics and Astronautics MIT.**
Nancy G. Leveson June 7 2001.
- [3] INDEPENDENT VALIDATION AND VERIFICATION OF THE TCAS II COLLISION AVOIDANCE SUBSYSTEM. 1999 IEEE[®]. **AIAA 18th Annual Digital Avionics Systems Conference.**
Bassam Abdul-Baki, Jonathan Baldwin and Marc-Philippe Rudel Ramoch Corporation.
- [4] Le transpondeur mode S. **AOPA France 2001.**
Régis Hua Van.
- [5] Potential co-operations between the TCAS & the ASAS. **EUROCONTROL Experimental Centre.**
René van Paasssen, An Abeloos, Max Mulder et Eirc Hoffman.
- [6] Extended Squitter Enhanced Reception Techniques. **MIT Lincoln Laboratory (from the Net 2002).**
Dr. Jeffrey L Gertz Dr. Vincent A. Orlando.
- [7] Reglementation du PP-IFR. institut d'aéronautique JeanMermoz .FRANCE.
Jean-Pierre TOURRES 1996.
- [8] Dictionaries Technique : Aeronautics Engineering.
Mohamad abd-ehnadjide elzante: Leipzig Edition 1976. Cairo.
- [9] *Writing Clearly: Bullets, White Space and Common Sense.*
Flood, Hillarie New York: Jackson Publishing. 1991.
- [10] Télécommunications Aéronautiques. Volume10 : systèmes radar de surveillance & systèmes anticollision.
édition juillet 1998.
- [11] Etude descriptive est simulation de système anticollision TCASII mode S. **IAB.**
M^{lle} K. Mahammedi 2001.

BIBLIOGRAPHIE

[12]

- Pilot's Guide CAS 66A TCAS I. **BENDIX/KING**[®] 5/1999.
- Pilot's Guide CAS 67A TCAS II. **BENDIX/KING**[®] 4/1999.
- Pilot's Guide Addendum KMD 550/850. **BENDIX/KING**[®] 4/2001.
- Introduction TCASII Version7. **U.S Department of Transportation** 11/2000.

[13]

- IEEE [®] Spectrum. Juillet 2002.
- Airliner world . février 2002.
- PrivatePilot .mars 2002.
- PILOT Journal. Printemps 2002.
- Flight TRINING.mars 2002.
- La recherche . février 2002/n special " **Les Nouveaux Robots**".

[14]

- Science&vie. septembre1999 /n 984.
- Science&vie. février 2001 /n 1001.
- Science&vie. janvier 2001 /n 1000.
- Science&vie. février 2002 /n 1013.

[15]

- Aircraft maintenance manual A310.[CD]
- A319\320\321 Training.[CD]
- Maintenance 737-CBT.[CDs]

[16]

- MATLAB[®] 5.2 [computing language] 1998.
- L&H Power Translator Pro 6.43 [Computer program]. L&H[®] 1993.
- Flight Simulator[™] Pro Edition 2002 [Computer simulator]. Microsoft[™] Corporation.
- Encyclopædia Universalis 6 [Computer software] Encyclopædia Universalis France S.A. 2000[®].