

**Fenêtre de rencontre.** L'intervalle de temps [ $tca - 40$  s,  $tca + 10$  s].

**Rencontre.** Aux fins de la définition de la performance de la logique anticollision, une rencontre consiste en deux trajectoires simulées d'aéronefs. Les coordonnées horizontales de l'aéronef représentent la position réelle de l'aéronef et la coordonnée verticale une mesure altimétrique de l'altitude.

**Rencontre avec franchissement d'altitude.** Rencontre dans laquelle la séparation en altitude des deux aéronefs est de plus de 100 ft au commencement et à la fin de la fenêtre de rencontre, la position verticale relative de deux aéronefs à la fin de la fenêtre de rencontre étant à l'inverse de celle du début de cette fenêtre.

**Secteur de virage.** Différence de cap définie comme la projection au sol du cap d'un aéronef à la fin d'un virage, moins son cap au sol au commencement du virage.

**Taux de variation voulu.** Pour le modèle de pilote type, le taux de variation d'altitude voulu est celui qui se rapproche le plus du taux originel compatible avec l'avis de résolution.

**Taux originel de variation d'altitude.** Le taux originel de variation d'altitude d'un aéronef ACAS en un moment quelconque est le taux de variation d'altitude dans le même temps quand il suivait la trajectoire originelle.

**tca.** Nominale, moment du rapprochement maximal. Pour les rencontres dans le modèle de rencontre type (§ 4.4.2.6), moment de référence pour la détermination de la rencontre pour laquelle divers paramètres sont spécifiés, dont la séparation verticale et la séparation horizontale (vmd et hmd).

*Dans le modèle de rencontre type (§ 4.4.2.6), une rencontre est matérialisée par les trajectoires des deux aéronefs s'éloignant du tca. À la fin du processus, le tca peut ne pas être le moment précis du rapprochement maximal, et des différences de quelques secondes sont acceptables.*

**Trajectoire originelle.** La trajectoire originelle d'un aéronef ACAS est celle que suivait l'aéronef de la même rencontre quand il n'était pas équipé de l'ACAS.

#### 4.4.2 Conditions d'application des exigences formulées

##### 4.4.2.1 Conditions hypothétiques

Les conditions hypothétiques suivantes s'appliquent aux exigences de performance spécifiées aux § 4.4.3 et 4.4.4 :

Annexe à l'arrêté fixant les dispositions applicables aux systèmes de surveillance et aux systèmes anticollision aériens



- a) à chaque cycle, l'intrus qui n'est pas à plus de 14 NM donne lieu à des mesures de distance et de gisement, ainsi qu'à un compte rendu d'altitude ;
- b) les erreurs de mesures de distance et de gisement respectent les modèles d'erreurs types de distance et de gisement (§ 4.4.2.2 et 4.4.2.3) ;
- c) les comptes rendus d'altitude de l'intrus, qui sont ses réponses en mode C, sont exprimés par incréments de 100 ft ;
- d) l'aéronef de référence donne lieu à une mesure d'altitude qui n'a pas été quantifiée par incréments et qui est exprimée avec une précision de 1 ft ou une valeur plus fine ;
- e) pour les deux aéronefs, les erreurs de mesure d'altitude sont constantes pendant toute la durée d'une rencontre donnée ;
- f) pour les deux aéronefs, les erreurs de mesure d'altitude respectent le modèle d'erreur altimétrique type (§ 4.4.2.4) ;
- g) les réactions des pilotes aux avis de résolution respectent le modèle de pilote type (§ 4.4.2.5) ;
- h) l'aéronef vole dans un espace aérien au sein duquel les rencontres rapprochées, dont celles pour lesquelles l'ACAS lance un avis de résolution, respectent le modèle de rencontre type (§ 4.4.2.5) ;
- i) l'aptitude des aéronefs ACAS à effectuer les manœuvres exigées par leurs avis de résolution n'est pas limitée ;
- j) comme on le précise au § 4.4.2.7 :
  - 1) l'intrus en cause dans chaque rencontre n'est pas équipé [§ 4.4.2.7, alinéa a)] ; ou
  - 2) l'intrus est équipé de l'ACAS mais il suit une trajectoire identique à celle d'une rencontre non équipée [§ 4.4.2.7, alinéa b)] ; ou
  - 3) l'intrus est équipé d'un ACAS dont la logique anticollision est identique à celle de l'ACAS de référence [§ 4.4.2.7, alinéa c)].

L'expression « mesure d'altitude » renvoie à une mesure altimétrique préalable à toute quantification par incréments.

4.4.2.1.1 Lorsque chaque cycle ne donne pas lieu à des comptes rendus de surveillance, ou lorsque la quantification par incréments des mesures d'altitude



de l'intrus est plurale, ou encore lorsque les mesures d'altitude de l'aéronef de référence sont quantifiées par incréments, la performance de la logique anticollision ne se dégrade pas brusquement du fait de la diversité de la distribution statistique des erreurs d'altitude ou des distributions statistiques des divers paramètres qui caractérisent le modèle de rencontre type, ou encore du fait de la réaction des pilotes aux avis.

#### 4.4.2.2 Modèle d'erreur type de distance

Dans les mesures simulées de distance, les erreurs sont prises en compte à partir d'une distribution normale moyenne de 0 ft avec écart type de 50 ft.

#### 4.4.2.3 Modèle d'erreur type de gisement

Dans les mesures simulées de gisement, les erreurs sont prises en compte à partir d'une distribution normale moyenne de 0,0 degré avec écart type de 10,0 degrés.

#### 4.4.2.4 Modèle d'erreur type d'altimétrie

4.4.2.4.1 Dans les mesures d'altitude simulées, les erreurs sont supposées être distribuées selon une distribution normale (Laplace-Gauss) avec une moyenne nulle d'une densité de probabilité de :

$$p(e) = \frac{1}{2\lambda} \exp\left(-\frac{|e|}{\lambda}\right)$$

4.4.2.4.2 Le paramètre  $\lambda$  nécessaire à la définition de la distribution statistique de l'erreur altimétrique de chaque aéronef a l'une des deux valeurs,  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ , qui dépendent comme suit de la couche d'altitude de la rencontre :

Couche	1		2		3		4		5		6	
	m	ft	m	ft								
$\lambda_1$	10	35	11	38	13	43	17	58	22	72	28	94
$\lambda_2$	18	60	18	60	21	69	26	87	30	101	30	101

4.4.2.4.3 Pour un aéronef ACAS, la valeur de  $\lambda$  sera  $\lambda_1$ .

4.4.2.4.4 Pour un aéronef non équipé de l'ACAS, la valeur de  $\lambda$  est choisie au hasard selon les probabilités suivantes :



Couche	1	2	3	4	5	6
prob( $\lambda_1$ )	0,391	0,320	0,345	0,610	0,610	0,610
prob( $\lambda_2$ )	0,609	0,680	0,655	0,390	0,390	0,390

#### 4.4.2.5 Modèle de pilote type

Le modèle de pilote type utilisé dans l'évaluation de la performance de la logique anticollision est tel :

- a) qu'un avis de résolution est suivi d'effet quand, après un sursis approprié, il y a ( au besoin) accélération au taux de variation d'altitude voulu ;
- b) que quand l'actuel taux de variation d'altitude de l'aéronef est le même que le taux de variation originel et que, celui-ci satisfaisant à l'avis de résolution, l'aéronef continue à son taux de variation originel, celui-ci n'étant pas nécessairement constant du fait de la possibilité d'accélération sur la trajectoire originelle ;
- c) que quand l'aéronef satisfait à l'avis de résolution, son actuel taux de variation d'altitude est le même que le taux de variation originel, et le taux de variation originel se modifie et devient donc incompatible avec l'avis de résolution, l'aéronef continuant à satisfaire à celui-ci ;
- d) que quand un avis de résolution initial nécessite une modification du taux de variation d'altitude, l'aéronef réagit par une accélération de 0,25 g après un sursis de 5 s à partir de l'affichage de l'avis de résolution ;
- e) que quand un avis de résolution est modifié et que le taux de variation d'altitude originel satisfait à l'avis de résolution modifié, l'aéronef reprend (au besoin) son taux de variation originel avec l'accélération indiquée à l'alinéa g) après le sursis indiqué à l'alinéa h) ;
- f) que quand un avis de résolution est modifié et que le taux de variation d'altitude originel ne satisfait pas à l'avis de résolution modifié, l'aéronef réagit de façon à satisfaire à l'avis de résolution avec l'accélération indiquée à l'alinéa g) après le sursis indiqué à l'alinéa h) ;
- g) que l'accélération utilisée quand un avis de résolution est modifié est de 0,25 g, à moins que l'avis de résolution modifié soit un avis de résolution de sens inverse ou un avis de résolution à augmentation du taux de variation d'altitude auquel cas l'accélération est de 0,35 g ;
- h) que le délai utilisé quand un avis de résolution est modifié est de 2,5 s, à moins qu'il en résulte une accélération commençant moins de 5 s à partir de



l'avis de résolution initial, auquel cas l'accélération débute 5 s à partir de l'avis de résolution initial ;

i) que quand un avis de résolution est annulé, l'aéronef reprend (au besoin) son taux de variation originel avec une accélération de 0,25 g après un sursis de 2,5 s.

#### 4.4.2.6 Modèle de rencontre type

##### 4.4.2.6.1 ÉLEMENTS DU MODELE DE RENCONTRE TYPE

4.4.2.6.1.1 Pour calculer l'effet de l'ACAS sur le risque de collision (§ 4.4.3) et la compatibilité de l'ACAS avec la gestion du trafic aérien (ATM) (§ 4.4.4), des ensembles de rencontres sont créés pour chacun(e) des :

- a) ordres envoyés aux deux aéronefs ;
- b) six couches d'altitude ;
- c) dix-neuf classes de rencontre ;
- d) neuf ou dix intervalles de *vmd* comme spécifié au § 4.4.2.6.2.4.

Les résultats de ces ensembles sont fusionnés par pondération relative, comme on l'indique au § 4.4.2.6.2.

4.4.2.6.1.1.1 Chaque ensemble de rencontres comprend au moins 500 rencontres indépendantes suscitées aléatoirement.

4.4.2.6.1.2 Dans chaque rencontre, les trajectoires des deux aéronefs sont construites de façon à présenter les caractéristiques suivantes, choisies aléatoirement :

- a) dans le plan vertical :
  - 1) une *vmd* issue de l'intervalle de *vmd* approprié ;
  - 2) un taux de variation d'altitude pour chaque aéronef au début de la fenêtre de rencontre,  $z_1$  et à la fin de la fenêtre de rencontre,  $z_2$  ;
  - 3) une accélération verticale ;
  - 4) un instant de début d'accélération verticale ;
- b) et dans le plan horizontal :
  - 1) une *hmd* ;



- 2) un angle de rapprochement ;
- 3) pour chaque aéronef, une vitesse au point de rapprochement maximal ;
- 4) pour chaque aéronef, qu'il vire ou non, une décision ;
- 5) le secteur de virage, l'angle d'inclinaison, l'instant de fin de virage ;
- 6) pour chaque aéronef, qu'il modifie ou non sa vitesse, une décision ;
- 7) l'importance de la modification de vitesse.

*Il est possible que les choix des diverses caractéristiques de rencontre présentent des incompatibilités. Dans ce cas, le problème peut être résolu en renonçant soit au choix d'une caractéristique particulière soit à celui de la rencontre tout entière, selon ce qu'on jugera à propos.*

4.4.2.6.1.3 Deux modèles sont utilisés pour la distribution statistique de la *hmd* (§ 4.4.2.6.4.1). Pour les calculs de l'effet de l'ACAS sur le risque de collision (§ 4.4.3), la *hmd* doit être inférieure à 500 ft. Pour les calculs de compatibilité de l'ACAS et de l'ATM (§ 4.4.4), la *hmd* est choisie dans une fourchette de valeurs plus large (§ 4.4.2.6.4.1.2).

*On précise aux § 4.4.2.6.2 et 4.4.2.6.3 les caractéristiques verticales des trajectoires des aéronefs du modèle de rencontre type qui dépend de ce que la *hmd* est limitée à une petite valeur (« pour le calcul du rapport du risque ») ou peut prendre des valeurs plus importantes (« pour la compatibilité avec l'ATM »). Ceci étant, les caractéristiques des rencontres dans les plans vertical et horizontal sont indépendantes.*

#### 4.4.2.6.2 Classes de rencontre et poids

4.4.2.6.2.1 *Adresse d'aéronef.* Chaque aéronef est également susceptible d'avoir la plus haute adresse d'aéronef.

4.4.2.6.2.2 *Couches d'altitude.* Les pondérations relatives et les couches d'altitudes seront d'altitude seront les suivantes :



Couche	1	2	3	4	5	6
couche(prob)	0,13	0,25	0,32	0,22	0,07	0,01

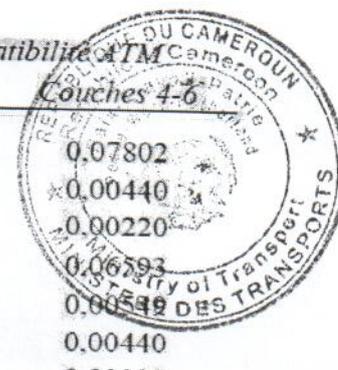
#### 4.4.2.6.2.3 Classes de rencontre

4.4.2.6.2.3.1 Les rencontres sont classées comme ci-après, selon que les aéronefs sont en palier(L) ou en transition (T) au commencement (avant le tca) et à la fin (après le tca) d'une fenêtre de rencontre et que cette rencontre comporte ou non un franchissement d'altitude :

Classe	Aéronef n° 1		Aéronef n° 2		Franchissement
	avant le tca	après le tca	avant le tca	après le tca	
1	L	L	T	T	oui
2	L	L	L	T	oui
3	L	L	T	L	oui
4	T	T	T	T	oui
5	L	T	T	T	oui
6	T	T	T	L	oui
7	L	T	L	T	oui
8	L	T	T	L	oui
9	T	L	T	L	oui
10	L	L	L	L	non
11	L	L	T	T	non
12	L	L	L	T	non
13	L	L	T	L	non
14	T	T	T	T	non
15	L	T	T	T	non
16	T	T	T	L	non
17	L	T	L	T	non
18	L	T	T	L	non
19	T	L	T	L	non

4.4.2.6.2.3.2 Les pondérations relatives des classes de rencontre dépend de la couche, comme ci-après :

Classe	Pour le calcul du rapport de risque		Pour la compatibilité ATM	
	Couches 1-3	Couches 4-6	Couches 1-3	Couches 4-6
1	0,00502	0,00319	0,06789	0,07802
2	0,00030	0,00018	0,00408	0,00440
3	0,00049	0,00009	0,00664	0,00220
4	0,00355	0,00270	0,04798	0,06593
5	0,00059	0,00022	0,00791	0,00549
6	0,00074	0,00018	0,00995	0,00440



#### 4.4.2.6.2.4 Intervalle de vmd

4.4.2.6.2.4.1 La vmd de chaque rencontre est prise dans un des 10 intervalles de vmd pour les classes de rencontre sans franchissement d'altitude et dans un des 9 ou 10 intervalles de vmd pour les classes de rencontre avec franchissement d'altitude. Chaque intervalle de vmd est de 100 ft pour le calcul du rapport de risque ou de 200 ft pour le calcul de compatibilité avec l'ATM. La vmd maximale est de 1 000 ft pour le calcul du rapport de risque et de 2 000 ft autrement.

4.4.2.6.2.4.2 Pour les classes de rencontre sans franchissement d'altitude, les hauteurs relatives des intervalles de vmd sont les suivantes :



<i>Intervalle de vmd</i>	<i>Pour le calcul du rapport de risque</i>	<i>Pour la compatibilité ATM</i>
1	0,0	0,064
2	0,026	0,144
3	0,036	0,224
4	0,066	0,183
5	0,102	0,171
6	0,164	0,098
7	0,115	0,046
8	0,093	0,027
9	0,106	0,015
10	0,093	0,010

La somme des pondérations des intervalles de vmd n'atteint pas 1,0. Les pondérations spécifiées sont basées sur une analyse des rencontres constatées d'après les données des radars au sol de l'ATC. La proportion manquante tient au fait que certaines des rencontres constatées ont une vmd supérieure à la vmd maximale du modèle.

4.4.2.6.2.4.3 Pour les classes de franchissement, les pondérations relatives des intervalles de vmd sont les suivantes :

<i>Intervalle de vmd</i>	<i>Pour le calcul du rapport de risque</i>	<i>Pour la compatibilité ATM</i>
1	0,0	0,064
2	0,026	0,144
3	0,036	0,224
4	0,066	0,183
5	0,102	0,171
6	0,164	0,098
7	0,115	0,046
8	0,093	0,027
9	0,106	0,015
10	0,093	0,010

En ce qui concerne les classes de franchissement d'altitude, la vmd doit être supérieure à 100 ft pour que la rencontre soit considérée comme une rencontre avec un tel franchissement. Ainsi, pour le calcul du rapport de risque, il n'y a pas d'intervalle de vmd 1 et pour les calculs de compatibilité avec l'intervalle de vmd, ATM 1 est limité à [100 ft, 200 ft].

#### 4.4.2.6.3 Caractéristiques des trajectoires d'aéronefs dans le plan vertical

4.4.2.6.3.1 *vmd*. La *vmd* de chaque rencontre est choisie de façon aléatoire d'après une distribution qui est uniforme dans l'intervalle correspondant à l'intervalle de la *vmd* appropriée.

#### 4.4.2.6.3.2 Taux de variation d'altitude

4.4.2.6.3.2.1 Pour chaque aéronef de chaque rencontre, le taux de variation d'altitude est constant ( $z$ ), à moins que la trajectoire verticale ne soit construite de façon qu'au  $tca-35s$  ce taux soit  $z_1$  et qu'au  $tca+5s$  il soit  $z_2$ . Chaque taux de variation d'altitude,  $z_1$ ,  $z_2$  ou  $z_3$  est d'abord déterminé par le choix aléatoire d'un intervalle qui le comprenne, puis par celui de la valeur précise que comporte une distribution uniforme dans l'intervalle choisi.

4.4.2.6.3.2.2 Les intervalles dans lesquels sont compris les taux de variation d'altitude dépendront de ce que l'aéronef est en palier, c'est-à-dire marqué « L » au § 4.4.2.6.2.3.1, ou en transition, c'est-à-dire marqué « T » au § 4.4.2.6.2.3.1 ; ils se présenteront comme suit :

L	T
[240 ft/min, 400 ft/min]	[3 200 ft/min, 6 000 ft/min]
[80 ft/min, 240 ft/min]	[400 ft/min, 3 200 ft/min]
[-80 ft/min, 80 ft/min]	[-400 ft/min, 400 ft/min]
[-240 ft/min, -80 ft/min]	[-3 200 ft/min, -400 ft/min]
[-400 ft/min, -240 ft/min]	[-6 000 ft/min, -3 200 ft/min]

4.4.2.6.3.2.3 Dans le cas des aéronefs en palier pendant toute la fenêtre de rencontre, le taux de variation d'altitude  $\dot{z}$  sera constant. Les probabilités des intervalles comprenant  $\dot{z}$  seront les suivantes :



$\dot{z}$ (ft/min)	$prob(\dot{z})$
[240 ft/min, 400 ft/min]	0.0382
[80 ft/min, 240 ft/min]	0.0989
[-80 ft/min, 80 ft/min]	0.7040
[-240 ft/min, -80 ft/min]	0.1198
[-400 ft/min, -240 ft/min]	0.0391

4.2.6.3.2.4 Dans le cas des aéronefs qui ne sont pas en palier pendant toute la fenêtre de rencontre, on détermine les intervalles de  $\dot{z}_1$  et  $\dot{z}_2$  ensemble, par sélection aléatoire au moyen des probabilités conjointes qui dépendent de la couche d'altitude et du fait que l'aéronef est ou non en transition au commencement de la fenêtre de rencontre (de la variation d'altitude au palier) à la fin de la fenêtre de rencontre (du palier à la variation d'altitude) ou à la fois au commencement et à la fin (de la variation d'altitude à la variation d'altitude). Les probabilités conjointes des intervalles des taux de variation d'altitude sont les suivantes :

Pour les aéronefs dont les trajectoires passent d'une variation d'altitude au palier dans les couches 1 à 3,

Intervalle $\dot{z}_2$	Probabilité conjointe des intervalles $\dot{z}_1$ et $\dot{z}_2$				
[240 ft/min, 400 ft/min]	0,0019	0,0169	0,0131	0,1554	0,0000
[80 ft/min, 240 ft/min]	0,0000	0,0187	0,0019	0,1086	0,0000
[-80 ft/min, 80 ft/min]	0,0037	0,1684	0,0094	0,1124	0,0075
[-240 ft/min, -80 ft/min]	0,0037	0,1461	0,0094	0,0243	0,0037
[-400 ft/min, -240 ft/min]	0,0000	0,1742	0,0094	0,0094	0,0019
	-6 000 ft/min	-3 200 ft/min	-400 ft/min	400 ft/min	3 200 ft/min 6 000 ft/min $\dot{z}_1$

Pour les aéronefs dont les trajectoires passent d'une variation d'altitude au palier dans les couches 4 à 6,

Intervalle  $\dot{z}_2$

Probabilité conjointe des intervalles  $\dot{z}_1$  et  $\dot{z}_2$

[240 ft/min, 400 ft/min]	0,0105	0,0035	0,0000	0,1010	0,0105
[80 ft/min, 240 ft/min]	0,0035	0,0418	0,0035	0,1776	0,0279
[-80 ft/min, 80 ft/min]	0,0279	0,1219	0,0000	0,2403	0,0139
[-240 ft/min, -80 ft/min]	0,0035	0,0767	0,0000	0,0488	0,0105
[-400 ft/min, -240 ft/min]	0,0105	0,0453	0,0035	0,0174	0,0000

-6 000 ft/min   -3 200 ft/min   -400 ft/min   400 ft/min   3 200 ft/min   6 000 ft/min    $\dot{z}_1$

Pour les aéronefs dont les trajectoires passent du palier à un taux de variation d'altitude dans les couches 1 à 3,

Intervalle  $\dot{z}_2$

Probabilité conjointe des intervalles  $\dot{z}_1$  et  $\dot{z}_2$

[3 200 ft/min, 6 000 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
[400 ft/min, 3 200 ft/min]	0,0074	0,0273	0,0645	0,0720	0,1538
[-400 ft/min, 400 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
[-3 200 ft/min, -400 ft/min]	0,2978	0,2084	0,1365	0,0273	0,0050
[-6 000 ft/min, -3 200 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

-400 ft/min   -240 ft/min   -80 ft/min   80 ft/min   240 ft/min   400 ft/min    $\dot{z}_1$

Pour les aéronefs dont les trajectoires passent du palier à un taux de variation d'altitude dans les couches 4 à 6,

Intervalle  $\dot{z}_2$

Probabilité conjointe des intervalles  $\dot{z}_1$  et  $\dot{z}_2$

[3 200 ft/min, 6 000 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0192
[400 ft/min, 3 200 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0962	0,0577	0,1154
[-400 ft/min, 400 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
[-3 200 ft/min, -400 ft/min]	0,1346	0,2692	0,2308	0,0577	0,0192
[-6 000 ft/min, -3 200 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

-400 ft/min   -240 ft/min   -80 ft/min   80 ft/min   240 ft/min   400 ft/min    $\dot{z}_1$

Pour les aéronefs dont les trajectoires passent d'un taux de variation d'altitude à un taux de variation d'altitude dans les couches 1 à 3,

Intervalle $\dot{z}_2$	Probabilité conjointe des intervalles $\dot{z}_1$ et $\dot{z}_2$				
[3 200 ft/min, 6 000 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0007	0,0095	0,0018
[400 ft/min, 3 200 ft/min]	0,0000	0,0018	0,0249	0,2882	0,0066
[-400 ft/min, 400 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
[-3 200 ft/min, -400 ft/min]	0,0048	0,5970	0,0600	0,0029	0,0011
[-6 000 ft/min, -3 200 ft/min]	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000
	-6 000 ft/min	-3 200 ft/min	-400 ft/min	400 ft/min	3 200 ft/min 6 000 ft/min

Pour les aéronefs dont les trajectoires passent d'un taux de variation d'altitude à un taux de variation d'altitude dans les couches 4 à 6,

Intervalle $\dot{z}_2$	Probabilité conjointe des intervalles $\dot{z}_1$ et $\dot{z}_2$				
[3 200 ft/min, 6 000 ft/min]	0,0014	0,0000	0,0028	0,0110	0,0069
[400 ft/min, 3 200 ft/min]	0,0028	0,0028	0,0179	0,4889	0,0523
[-400 ft/min, 400 ft/min]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
[-3 200 ft/min, -400 ft/min]	0,0317	0,3029	0,0262	0,0152	0,0028
[-6 000 ft/min, -3 200 ft/min]	0,0110	0,0220	0,0014	0,0000	0,0000
	-6 000 ft/min	-3 200 ft/min	-400 ft/min	400 ft/min	3 200 ft/min 6 000 ft/min

4.4.2.6.3.2.5 Dans le cas d'une route avec passage d'un taux de variation d'altitude à un taux de variation d'altitude, si  $|\dot{z}_2 - \dot{z}_1| < 566$  ft/min, cette route sera construite avec un taux de variation d'altitude constant égal à  $\dot{z}_1$ .

#### 4.4.2.6.3.3 Accélération verticale

4.4.2.6.3.3.1 Sous réserve du § 4.4.2.6.3.2.5, dans le cas d'un aéronef qui n'est pas en palier pendant toute la fenêtre de rencontre, le taux de variation d'altitude est constant et égal à  $z_1$  au moins dans l'intervalle  $[t_{ca} - 40$  s,  $t_{ca} - 35$  s] au commencement de la fenêtre de rencontre, puis il est constant et égal à  $z_2$  au moins dans l'intervalle  $[t_{ca} + 5$  s,  $t_{ca} + 10$  s] à la fin de la fenêtre de rencontre. L'accélération verticale est constante pendant la période écoulée.

4.4.2.6.3.3.2 L'accélération verticale ( $\ddot{z}$ ) est modélisée ainsi :

$$\ddot{z} = A(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + \epsilon$$

où le paramètre A dépend du cas comme suit :

Annexe à l'arrêté fixant les dispositions applicables aux systèmes de surveillance et aux systèmes anticollision aériens



Cas	A (s <sup>-1</sup> )	
	Couches 1-3	Couches 4-6
Taux de variation d'altitude à palier	0,071	0,059
Palier à taux de variation d'altitude	0,089	0,075
Taux de variation d'altitude à taux de variation d'altitude	0,083	0,072

et l'erreur est choisie aléatoirement en utilisant la densité de probabilité suivante :

$$p(\epsilon) = \frac{1}{2\mu} \exp\left(-\frac{|\epsilon|}{\mu}\right)$$

où  $\mu = 03, \text{ ft s}^{-2}$ .

4.4.2.6.3.4 *Instant du début d'accélération.* Distribué uniformément dans l'intervalle de temps  $[t_{ca} - 35 \text{ s}, t_{ca} - 5 \text{ s}]$ , l'instant du début d'accélération est tel que 2 n'est pas postérieur à  $t_{ca} + 5 \text{ s}$ .

4.4.2.6.4 *Caractéristiques des trajectoires d'aéronefs dans le plan horizontal*

4.4.2.6.4.1 *Distance horizontale d'évitement*

4.4.2.6.4.1.1 Pour les calculs de l'effet de l'ACAS sur le risque de collision (§ 4.4.3), la *hmd* est uniformément distribuée dans la fourchette  $[0, 500 \text{ ft}]$ .

4.4.2.6.4.1.2 Pour les calculs concernant la compatibilité de l'ACAS avec l'ATM (§ 4.4.4), la *hmd* est distribuée de façon que ses valeurs présentent les probabilités totales suivantes :

hmd (ft)	Probabilité totale		hmd (ft)	Probabilité totale	
	Couches 1-3	Couches 4-6		Couches 1-3	Couches 4-6
0	0,000	0,000	17 013	0,999	0,868
1 215	0,152	0,125	18 228	1,000	0,897
2 430	0,306	0,195	19 443		0,916
3 646	0,482	0,260	20 659		0,927
4 860	0,631	0,322	21 874		0,939
6 076	0,754	0,398	23 089		0,946
7 921	0,859	0,469	24 304		0,952
8 506	0,919	0,558	25 520		0,965
9 722	0,954	0,624	26 735		0,983
10 937	0,972	0,692	27 950		0,993
12 152	0,982	0,753	29 165		0,996
13 367	0,993	0,801	30 381		0,999
14 582	0,998	0,821	31 596		1,000
15 798	0,999	0,848			

4.4.2.6.4.2 Angle de rapprochement. La distribution totale de l'angle de rapprochement dans le plan horizontal est comme suit :

Angle de rapprochement (deg.)	Probabilité totale		Angle de rapprochement (deg.)	Probabilité totale	
	Couches 1-3	Couches 4-6		Couches 1-3	Couches 4-6
0	0,00	0,00	100	0,38	0,28
10	0,14	0,05	110	0,43	0,31
20	0,17	0,06	120	0,49	0,35
30	0,18	0,08	130	0,55	0,43
40	0,19	0,08	140	0,62	0,50
50	0,21	0,10	150	0,71	0,59
60	0,23	0,13	160	0,79	0,66
70	0,25	0,14	170	0,88	0,79
80	0,28	0,19	180	1,00	1,00
90	0,32	0,22			

4.4.2.6.4.3 Vitesse des aéronefs. Au rapprochement maximal, la distribution totale de chaque vitesse-sol dans le plan horizontal sera la suivante :



Vitesse sol (kt)	Probabilité totale		Vitesse sol (kt)	Probabilité totale	
	Couches 1-3	Couches 4-6		Couches 1-3	Couches 4-6
45	0.000		325	0,977	0.528
50	0.005		350	0,988	0.602
75	0.024	0,000	375	0,997	0.692
100	0.139	0,005	400	0,998	0.813
125	0.314	0,034	425	0,999	0.883
150	0.486	0,064	450	1.000	0.940
175	0.616	0,116	475		0.972
200	0.700	0,171	500		0.987
225	0.758	0,211	525		0.993
250	0.821	0,294	550		0.998
275	0.895	0,361	575		0.999
300	0.949	0,427	600		1.000

4.4.2.6.4.4 Probabilités de manœuvre dans le plan horizontal. Pour chaque aéronef de chaque rencontre, la probabilité de virage, la probabilité d'une modification de vitesse en virage et la probabilité d'une modification de vitesse sans virage sont les suivantes :

Couche	Prob. (virage)	Prob. (modification de vitesse) en virage	Prob. (modification de vitesse) sans virage
1	0,31	0,20	0,50
2	0,29	0,20	0,25
3	0,22	0,10	0,15
4, 5, 6	0,16	0,05	0,10

4.4.2.6.4.4.1 En cas de modification de vitesse, la probabilité d'une augmentation de vitesse est de 0,5 et la probabilité d'une diminution de vitesse sera de 0,5.



4.4.2.6.4.5 Secteur de virage. Pour tout secteur de virage, la distribution totale est la suivante :

<i>Secteur de virage (deg.)</i>	<i>Probabilité totale</i>	
	<i>Couches 1-3</i>	<i>Couches 4-6</i>
15	0,00	0,00
30	0,43	0,58
60	0,75	0,90
90	0,88	0,97
120	0,95	0,99
150	0,98	1,00
180	0,99	
210	1,00	

4.4.2.6.4.5.1 Le sens du virage est aléatoire, la probabilité d'un virage à gauche étant de 0,5 et la probabilité d'un virage à droite de 0,5 également.

4.4.2.6.4.6 Angle d'inclinaison. L'angle d'inclinaison d'un aéronef en virage n'est pas inférieur à 15 degrés. La probabilité qu'il soit égal à 15 degrés est de 0,79 dans les couches 1-3 et de 0,54 dans les couches 4-5. La distribution totale des angles d'inclinaison plus grands est la suivante :

<i>Angle d'inclinaison (deg.)</i>	<i>Probabilité totale</i>	
	<i>Couches 1-3</i>	<i>Couches 4-6</i>
15	0,79	0,54
25	0,96	0,82
35	0,99	0,98
50	1,00	1,00



4.4.2.6.4.7 *Durée de fin de virage.* La distribution totale de la durée de fin de virage de chaque aéronef est la suivante :

<i>Durée de fin de virage (secondes avant le tca)</i>	<i>Probabilité totale</i>	
	<i>Couches 1-3</i>	<i>Couches 4-6</i>
0	0,42	0,28
5	0,64	0,65
10	0,77	0,76
15	0,86	0,85
20	0,92	0,94
25	0,98	0,99
30	1,00	1,00

4.4.2.6.4.8 *Modification de vitesse.* Une accélération ou une décélération constante sera choisie aléatoirement pour chaque aéronef procédant à une modification de vitesse pendant une rencontre donnée et elle est appliquée pendant la durée de la rencontre. Les accélérations sont uniformément réparties entre 2 kt/s et 6 kt/s. Les décélérations sont uniformément réparties entre 1 kt/s et 3 kt/s.

#### 4.4.2.7 **Équipement ACAS de l'intrus**

Les spécifications de performance énoncées au § 4.4.3 et 4.4.4 concernent chacune trois situations distinctes dans lesquelles les conditions suivantes s'appliquent à l'ACAS et à la trajectoire de l'intrus :

a) quand l'intrus dont il s'agit dans chaque rencontre n'est pas équipé [§ 4.4.2.1, alinéa j) 1)], il suit une trajectoire identique à celle qu'il suit quand un aéronef de référence n'est pas équipé ;

b) quand l'intrus est équipé de l'ACAS mais suit une trajectoire identique à celle d'une rencontre non équipée [§ 4.4.2.1, alinéa j) 2)] :

1) il suit la trajectoire identique, qu'il y ait ou non un avis de résolution ;

2) l'ACAS de l'intrus lance un avis de résolution et transmet un avis de résolution complémentaire (RAC) qui est reçu immédiatement après tout avis de résolution d'abord annoncé au pilote de l'aéronef de référence ;

3) le sens de l'avis de résolution complémentaire produit par l'ACAS de l'intrus et transmis à l'aéronef de référence est opposé au sens du

premier avis de résolution complémentaire sélectionné et transmis à l'intrus par l'aéronef de référence (§4.3.6.1.3) ;

4) l'avis de résolution complémentaire transmis par l'intrus est reçu par l'aéronef de référence ;

5) ces spécifications s'appliquent à la fois quand l'aéronef de référence a l'adresse d'aéronef inférieure et quand l'aéronef intrus a l'adresse d'aéronef inférieure ;

c) quand l'intrus est équipé d'un ACAS dont la logique anticollision est identique à celle de l'ACAS de référence [§ 4.4.2.1, alinéa j) 3)] :

1) les conditions relatives à la performance de l'aéronef, à l'ACAS et au pilote de référence s'appliquent également à l'aéronef, à l'ACAS et au pilote intrus;

2) les avis de résolution complémentaires transmis par un aéronef sont reçus par l'autre ;

3) ces spécifications s'appliquent à la fois quand l'aéronef de référence a l'adresse d'aéronef inférieure et quand l'aéronef intrus a l'adresse d'aéronef inférieure.

#### 4.4.2.8 COMPATIBILITÉ DES DIFFÉRENTS TYPES DE LOGIQUES ANTICOLLISION

Lorsqu'elles étudient d'autres types de logiques anticollision, l'Autorité Aéronautique (autorité de certification) veille à ce que :

a) les performances du nouveau type de logique anticollision soient acceptables dans les rencontres où interviennent des unités ACAS utilisant les logiques anticollision actuelles ;

b) les performances des logiques anticollision actuelles ne soient pas altérées par le recours à un autre type de logique anticollision.

#### 4.4.3 Réduction du risque de collision

D'après les conditions du § 4.4.2, la logique anticollision est telle que le nombre prévu de collisions est réduit aux proportions suivantes du nombre prévu en l'absence d'ACAS :

a) quand l'intrus n'est pas équipé d'ACAS, 0,18 ;

b) quand l'intrus est équipé mais ne réagit pas, 0,32 ;

c) quand l'intrus est équipé et réagit, 0,04.



#### 4.4.4 Compatibilité avec la gestion du trafic aérien ( ATM )

##### 4.4.4.1 Cadence d'alertes nuisibles

4.4.4.1.1 D'après les conditions énoncées au § 4.4.2, la logique anticollision est telle que la proportion d'avis de résolution constituant une « nuisance » (§ 4.4.4.1.2) ne dépasse pas :

0,06 quand la vitesse verticale de l'aéronef de référence au moment où l'avis de résolution est diffusé pour la première fois est inférieure à 400 ft/min ;  
ou

0,08 quand la vitesse verticale de l'aéronef au moment où l'avis de résolution est diffusé pour la première fois dépasse 400 ft/min.

*Cette obligation n'est pas atténuée si l'intrus est équipé de l'ACAS ( § 4.4.2.7) car celui-ci a un effet négligeable sur l'occurrence et la fréquence des avis de résolution constituant une nuisance.*

4.4.4.1.2 Aux fins du § 4.4.4.1.1, un avis de résolution est considéré comme une « nuisance » si, en un certain point d'une rencontre sans ACAS, la séparation horizontale et la séparation verticale sont simultanément inférieures aux valeurs suivantes :

	<i>Séparation horizontale</i>	<i>Séparation verticale</i>
<i>au-dessus de FL100</i>	<i>2,0 NM</i>	<i>750 ft</i>
<i>au-dessous de FL100</i>	<i>1,2 NM</i>	<i>750 ft</i>

##### 4.4.4.2 Sélection de sens compatibles

Dans les conditions énoncées au § 4.4.2, la logique anticollision est telle que la proportion de rencontres à l'occasion desquelles le fait de se conformer à l'avis de résolution donne lieu à une séparation en altitude correspondant au rapprochement maximal, avec le signe opposé à celui qui caractérise l'absence d'ACAS, ne dépasse pas les valeurs suivantes :

- quand l'intrus n'est pas équipé d'ACAS, 0,08 ;
- quand l'intrus est équipé mais ne réagit pas 0,08 ;
- quand l'intrus est équipé et réagit 0,12.



#### 4.4.4.3 Écarts causés par l'ACAS

4.4.4.3.1 Dans les conditions énoncées au § 4.4.2, la logique anticollision est telle que le nombre d'avis de résolution donnant lieu à des « écarts » (4.4.4.3.2) supérieurs aux valeurs indiquées ne doit pas dépasser les proportions suivantes du nombre total d'avis de résolution :

	<i>Quand la vitesse verticale de l'aéronef de référence au moment où l'avis de résolution est diffusé pour la première fois</i>	
	<i>est inférieure à 400 ft/min</i>	<i>dépasse 400 ft/min</i>
<i>Quand l'intrus n'est pas équipé d'ACAS,</i>		
<i>pour les écarts <math>\geq 300</math> ft</i>	0,15	0,23
<i>pour les écarts <math>\geq 600</math> ft</i>	0,04	0,13
<i>pour les écarts <math>\geq 1\ 000</math> ft</i>	0,01	0,07
<i>Quand l'intrus est équipé mais ne réagit pas,</i>		
<i>pour les écarts <math>\geq 300</math> ft</i>	0,23	0,35
<i>pour les écarts <math>\geq 600</math> ft</i>	0,06	0,16
<i>pour les écarts <math>\geq 1\ 000</math> ft</i>	0,02	0,07
<i>Quand l'intrus est équipé et réagit,</i>		
<i>pour les écarts <math>\geq 300</math> ft</i>	0,11	0,23
<i>pour les écarts <math>\geq 600</math> ft</i>	0,02	0,12
<i>pour les écarts <math>\geq 1\ 000</math> ft</i>	0,01	0,06

4.4.4.3.2 Aux fins du § 4.4.4.3.1, l'« écart » des aéronefs équipés, par rapport à la trajectoire originelle, est mesuré dans l'intervalle entre le moment où l'avis de résolution est lancé pour la première fois et celui où, après annulation de l'avis de résolution, l'aéronef équipé a repris son taux de variation d'altitude originel. L'écart est calculé comme étant la plus grande différence d'altitude survenant à un moment quelconque dans cet intervalle entre la trajectoire suivie par l'aéronef équipé quand il répond à son avis de résolution et sa trajectoire originelle.

#### 4.5 Utilisation du squitter long par l'ACAS

4.5.1 Surveillance hybride ACAS à l'aide de données de position sur squitter long

*La surveillance hybride est la technique qu'utilise l'ACAS pour tirer parti des informations de position passives que contiennent les squitters longs DF = 17.*

*Dans cette technique, l'ACAS valide la position communiquée par le squitter long au moyen d'une mesure active directe de distance. Une validation initiale est effectuée à l'amorçage de la piste. Une revalidation est effectuée toutes les 60 s dans le cas des cibles qui ne remplissent pas le critère d'altitude ou de distance. Une revalidation est effectuée toutes les 10 s si l'intrus devient une menace proche en altitude ou en distance. Une surveillance active normale est*



effectuée une fois par seconde dans le cas des intrus qui deviennent une menace proche à la fois en altitude et en distance. De cette façon, une surveillance passive (une fois validée) est assurée dans le cas des intrus non menaçants, ce qui réduit la cadence d'interrogation de l'ACAS. La surveillance active est appliquée dès qu'un intrus devient une menace proche, ce qui permet de préserver l'indépendance de l'ACAS comme dispositif de surveillance de la sécurité.

#### 4.5.1.1 Définitions

**Acquisition initiale.** Début de l'établissement d'une nouvelle piste suite à la réception d'un squitter émis en réponse à une interrogation active par un aéronef mode S pour lequel il n'existe pas de piste établie.

**Surveillance active.** Technique qui consiste à poursuivre un intrus à l'aide des renseignements obtenus dans les messages qu'il envoie en réponse aux interrogations de l'ACAS de référence.

**Surveillance hybride.** Technique qui consiste à utiliser la surveillance active pour valider et suivre des aéronefs poursuivis principalement par surveillance passive afin de préserver l'indépendance de l'ACAS.

**Surveillance passive.** Technique qui consiste à poursuivre un autre aéronef sans l'interroger, à l'aide des squitters longs que cet aéronef émet. L'ACAS utilise les renseignements obtenus seulement pour déterminer s'il doit exercer une surveillance active, non à d'autres fins.

**Validation.** Vérification de la position relative d'un intrus à l'aide de renseignements passifs, par comparaison avec la position relative obtenue à la suite d'une interrogation active.

4.5.1.2 Les ACAS équipés pour recevoir des messages de position en vol sur squitter long destinés à servir à la surveillance passive des intrus non menaçants utiliseront les informations de position passives comme il est indiqué ci-après.

#### 4.5.1.3 Surveillance passive

4.5.1.3.1 Validation initiale. À l'acquisition initiale d'un aéronef qui émet des informations sur squitter long, l'ACAS déterminera la distance relative et le gisement de cet aéronef en se fondant sur la position calculée de l'aéronef de référence et sur la position de l'intrus communiquée dans le squitter long. La distance et le gisement obtenus ainsi que l'altitude indiquée dans le squitter sont comparés à la distance, au gisement et à l'altitude déterminés au moyen de l'interrogation active de l'aéronef par l'ACAS. Les différences entre les

#### 4.5.1.5 Surveillance active intégrale.

Si les conditions suivantes sont réunies, dans le cas d'une piste tenue à jour à l'aide de données de surveillance passive :

- a)  $|a| \leq 10\,000$  ft, et à la fois :
- b)  $|a| \leq 3\,000$  ft ou  $|a - 3\,000 \text{ ft}| / |\dot{a}| \leq 60$  s ; et
- c)  $r \leq 3$  NM ou  $(r - 3 \text{ NM}) / |\dot{r}| \leq 60$  s ;

où :

- $a$  = séparation en altitude par rapport à l'intrus, en ft,
- $\dot{a}$  = estimation du taux de variation d'altitude, en ft/s,
- $r$  = distance oblique de l'intrus, en NM,
- $\dot{r}$  = estimation du taux de variation de la distance, en NM/s,

l'aéronef est déclaré en poursuite active, et la piste est mise à jour à l'aide de mesures actives de distance une fois par seconde aussi longtemps que les conditions ci-dessus sont réunies.

4.5.1.6.1 Toutes les menaces proches, menaces possibles et menaces sont poursuivies par surveillance active.

4.5.1.6.2 Une piste sous surveillance active fait l'objet d'une surveillance passive si elle ne correspond ni à une menace proche ou possible ni à une menace. Les tests servant à déterminer qu'un aéronef n'est plus une menace proche sont similaires aux tests en question au § 4.5.1.4, mais ils utilisent des seuils élargis, afin d'avoir une hystérésis qui évite la possibilité de transitions fréquentes entre la surveillance active et la surveillance passive.

*Des tests appropriés permettant de déterminer qu'un intrus ne constitue plus une menace proche figurent dans le document RTCA/DO-300.*

