

TCAS & MIXITÉ DE TRAFIC | ÊTRE VU, VOIR ET ÉVITER



direction générale
de l'Aviation civile

direction
de la sécurité
de l'Aviation civile

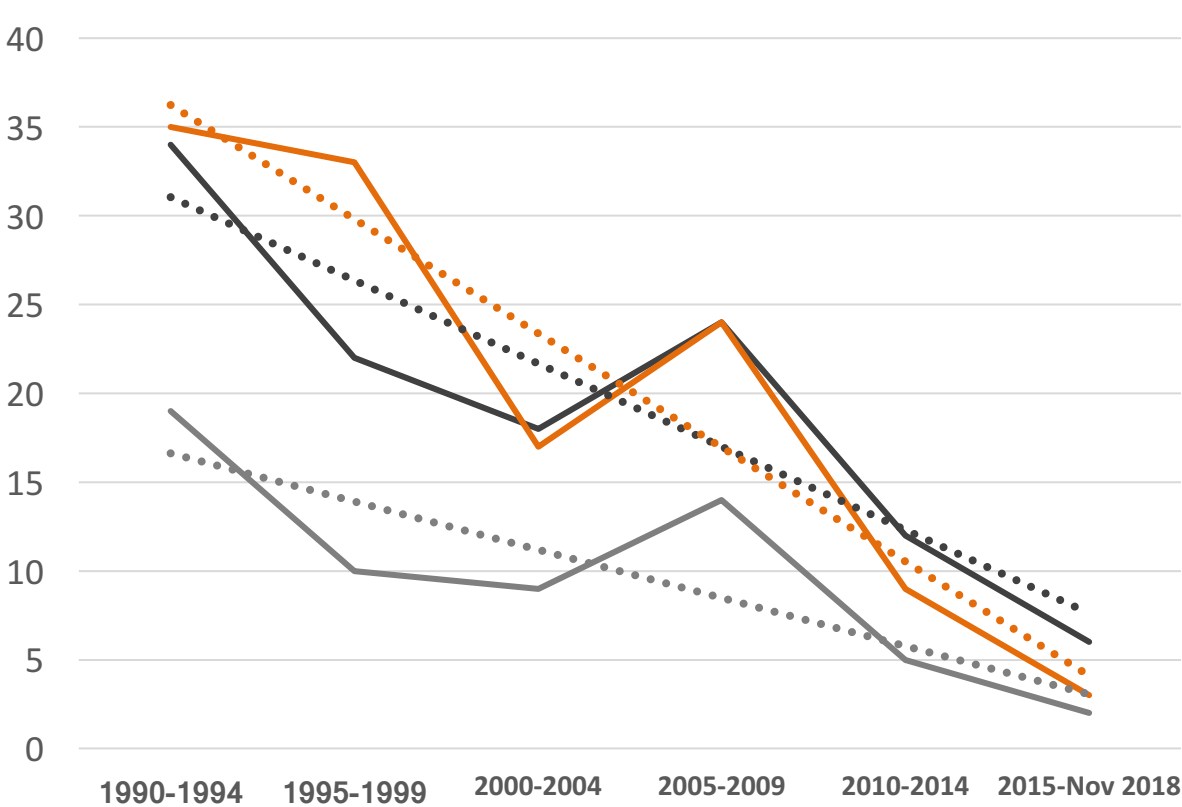


MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

BEA
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile



Collisions en vol / pertes de contrôle suite rapprochement dangereux
France – 1990-2018 – tous types d’exploitation et d’aéronefs



115 accidents

59 accidents mortels

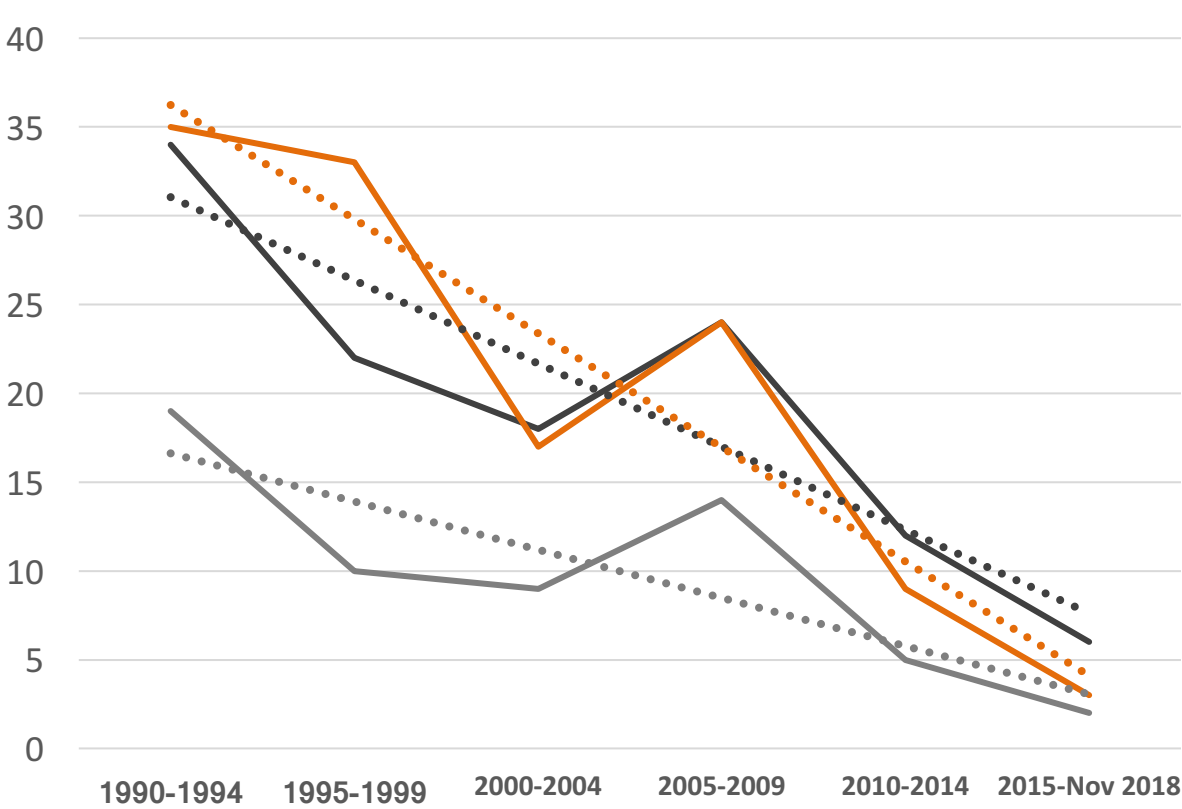
121 tués

Accidents non mortels

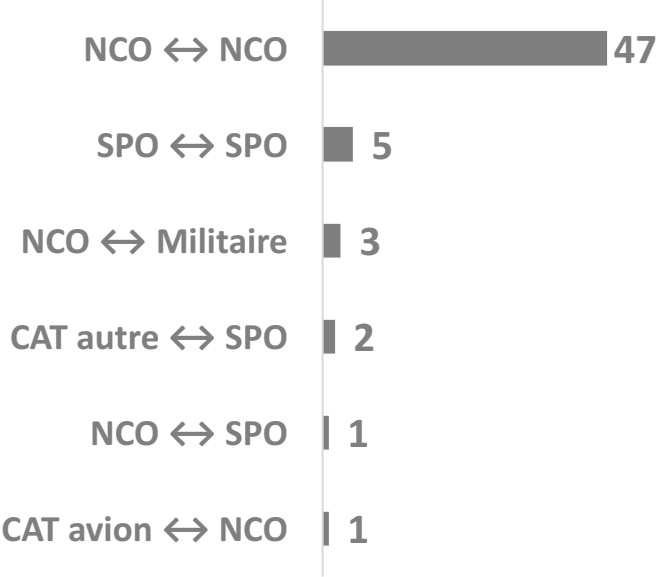
- ✓ Dommages ne compromettant pas la contrôlabilité
- ✓ Collision / perte de contrôle à faible hauteur (peu d’énergie)
- ✓ Évacuation (parachute)



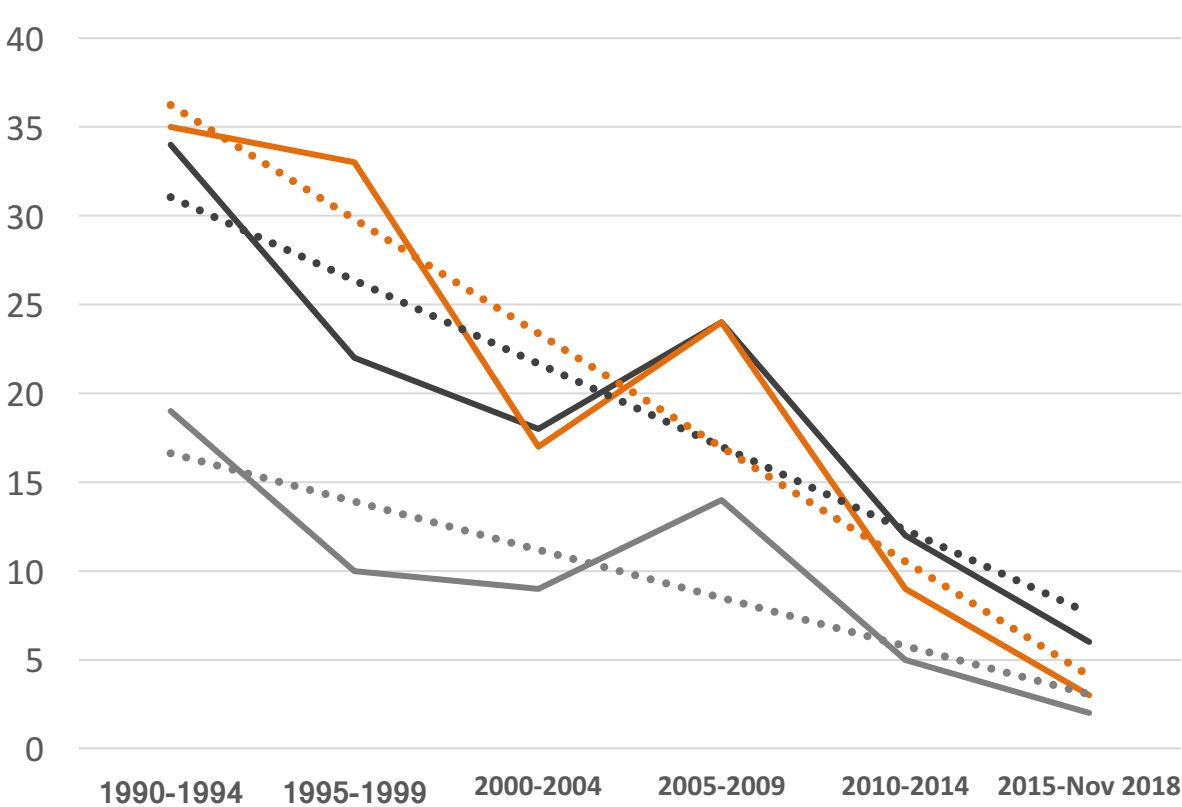
Collisions en vol / pertes de contrôle suite rapprochement dangereux
France – 1990-2018 – tous types d’exploitation et d’aéronefs



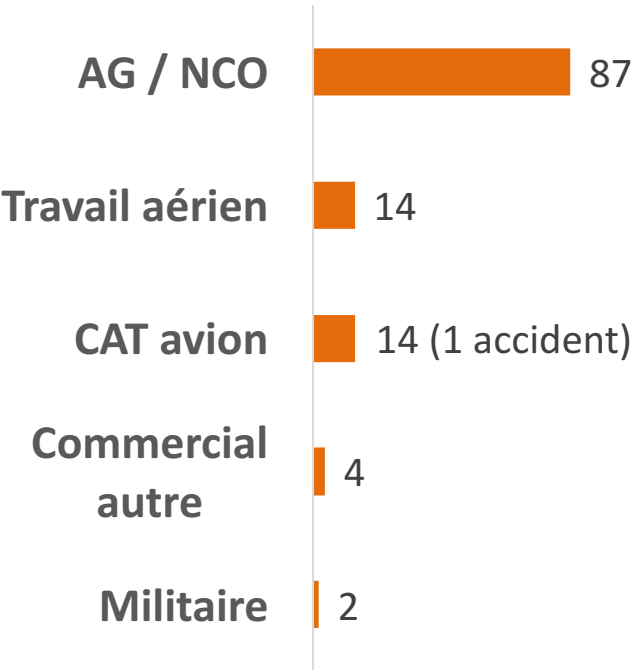
Répartition des accidents mortels par types d’opérations



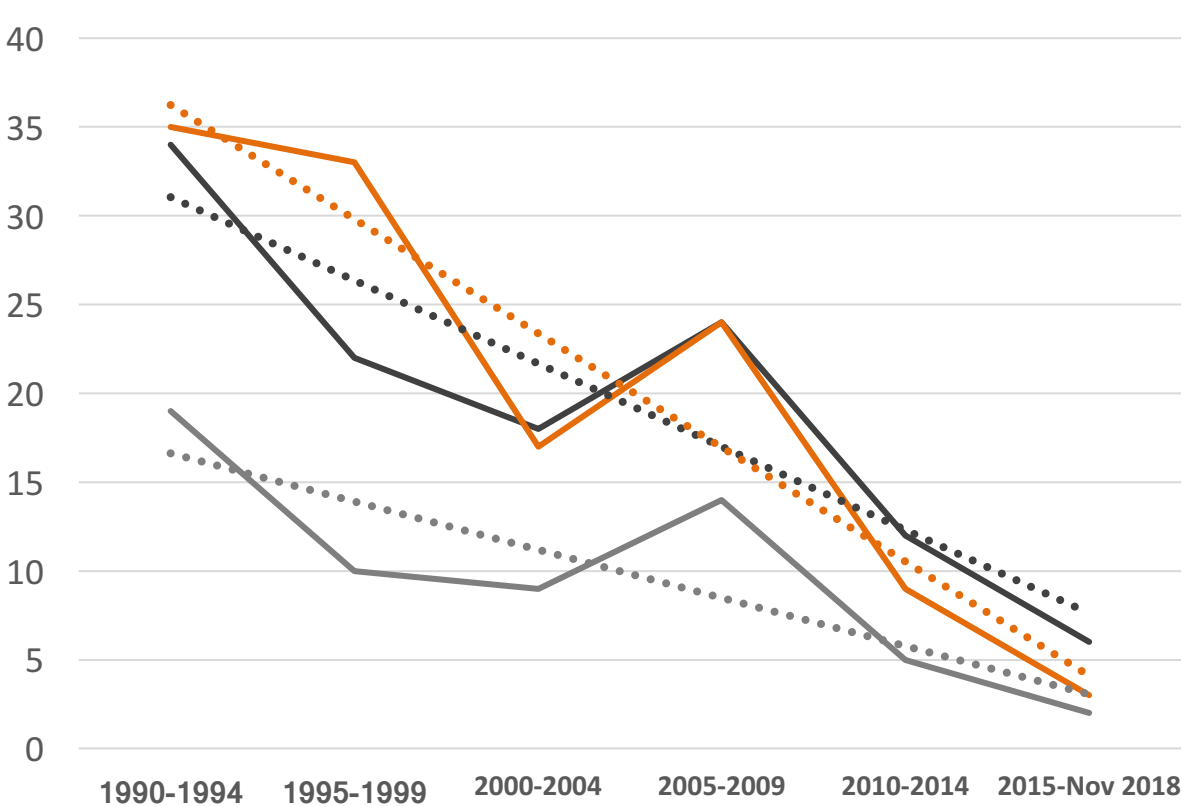
Collisions en vol / pertes de contrôle suite rapprochement dangereux
France – 1990-2018 – tous types d’exploitation et d’aéronefs



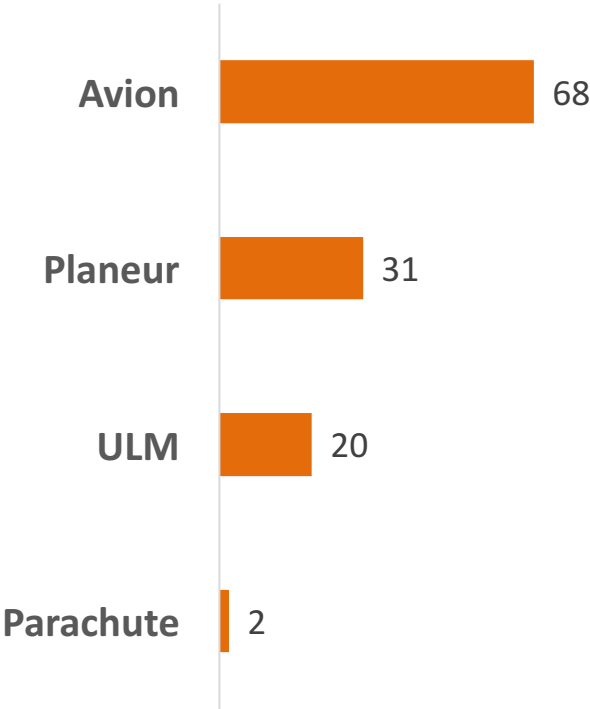
Répartition des tués par types d’opérations



Collisions en vol / pertes de contrôle suite rapprochement dangereux
France – 1990-2018 – tous types d’exploitation et d’aéronefs



Répartition des tués par catégories d’aéronefs



Origine du TCAS

1988 : Approbation TCAS II (7.0)

Réflexions FAA - années 50



Principes généraux du TCAS

Détecter une situation conflictuelle entre deux aéronefs



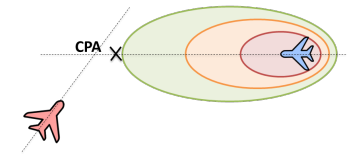
- Principe d'interrogation-réponse
- Analyse du taux de rapprochement
- Algorithme de détection et d'évitement



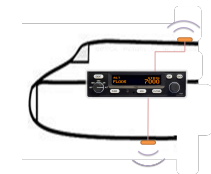
Les premiers développements du TCAS

- **1955** : Développement des algorithmes d'évitement basés sur le temps
- **1956** : Accident du Grand Canyon
- **1960-1970** : Développement des premiers prototypes. Problématique de la **fiabilité des alertes émises**.
- **Milieu des années 1970** : Développement du **BCAS**. Utilisation du principe d'interrogation/réponse.
- **1978** : Accident de San Diego : la FAA lance un développement sur 3 ans du **TCAS** qui se base sur le BCAS avec de nouvelles fonctionnalités
- **Années 1980** : Développement du **TCAS II**. Succession de tests en vol conduisant au développement des standards techniques TCAS II (MOPS)

Notion de Closest Point of Approach



Utilisation du transpondeur



Algorithme de calcul renforcé



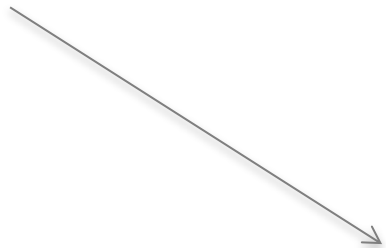
Le fonctionnement du TCAS – les différentes versions

Traffic Advisories (TA)

Resolution Advisories (RA)



Les alertes du TCAS
(visuelles et sonores)



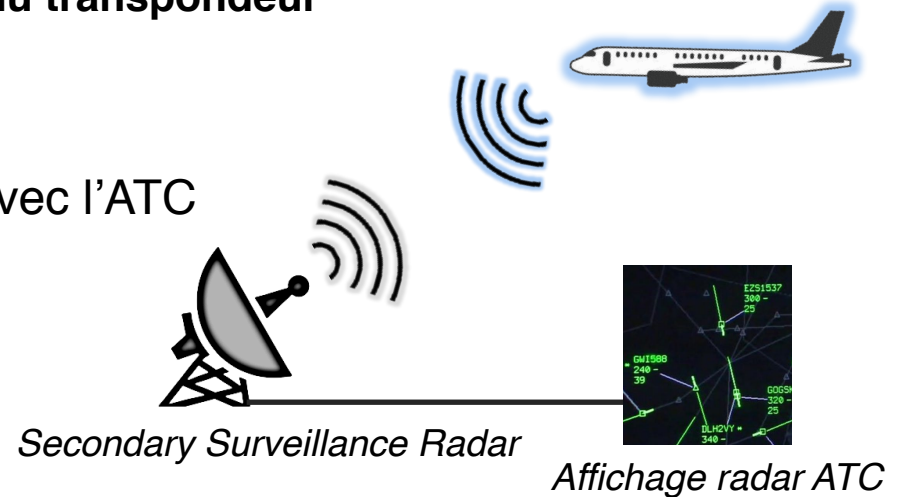
TCAS I
(TA)

TCAS II
(TA & RA)



Le fonctionnement du TCAS – l'utilisation du transpondeur

Transpondeur : échange d'informations avec l'ATC



Différentes catégories de transpondeur :

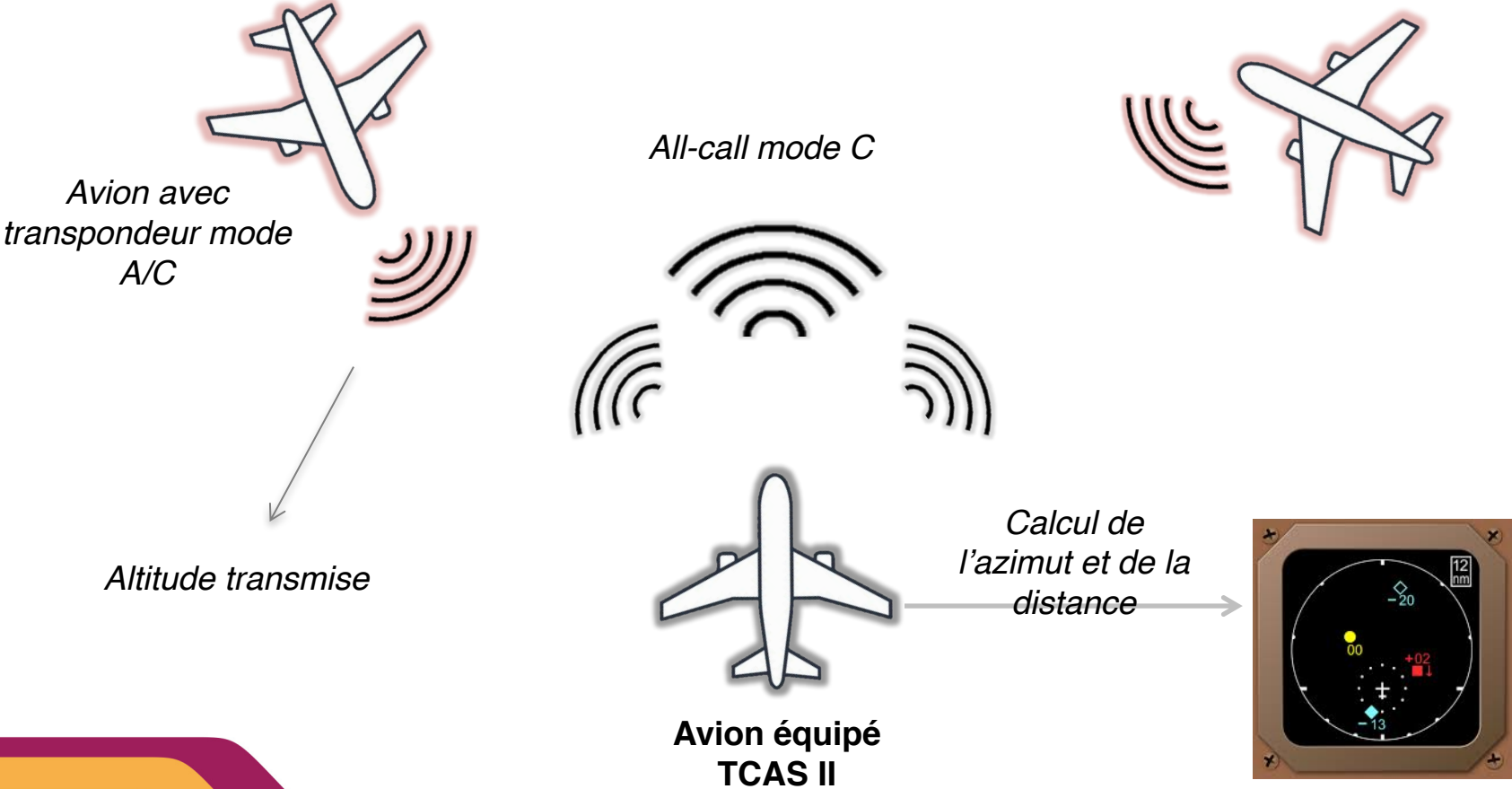
- Mode A : Identification
- Mode C : Altitude barométrique
- Mode S : ELS/EHS



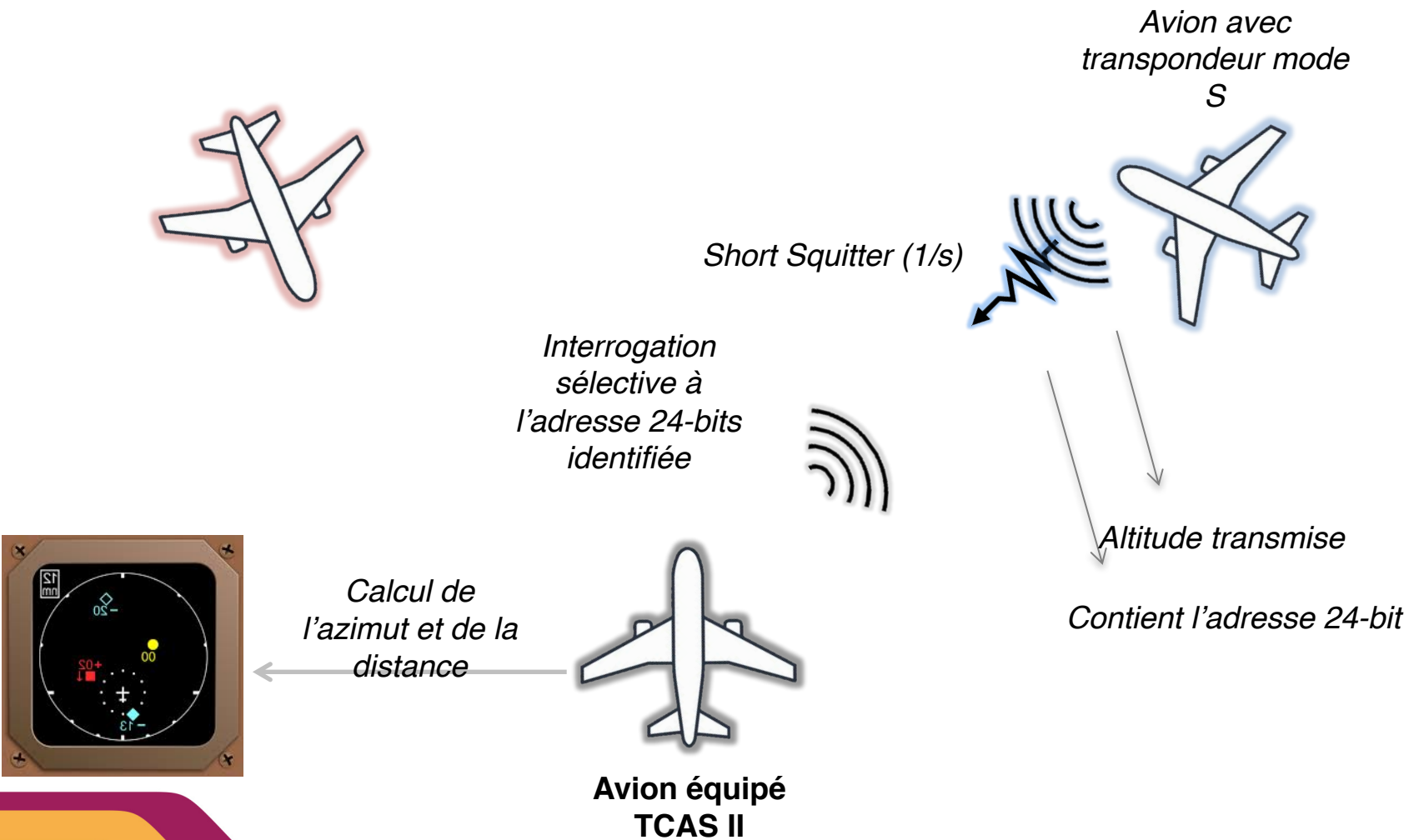
-
- Adresse unique (24 -bit)
 - Emission spontanée d'information (Short/Extended Squit)



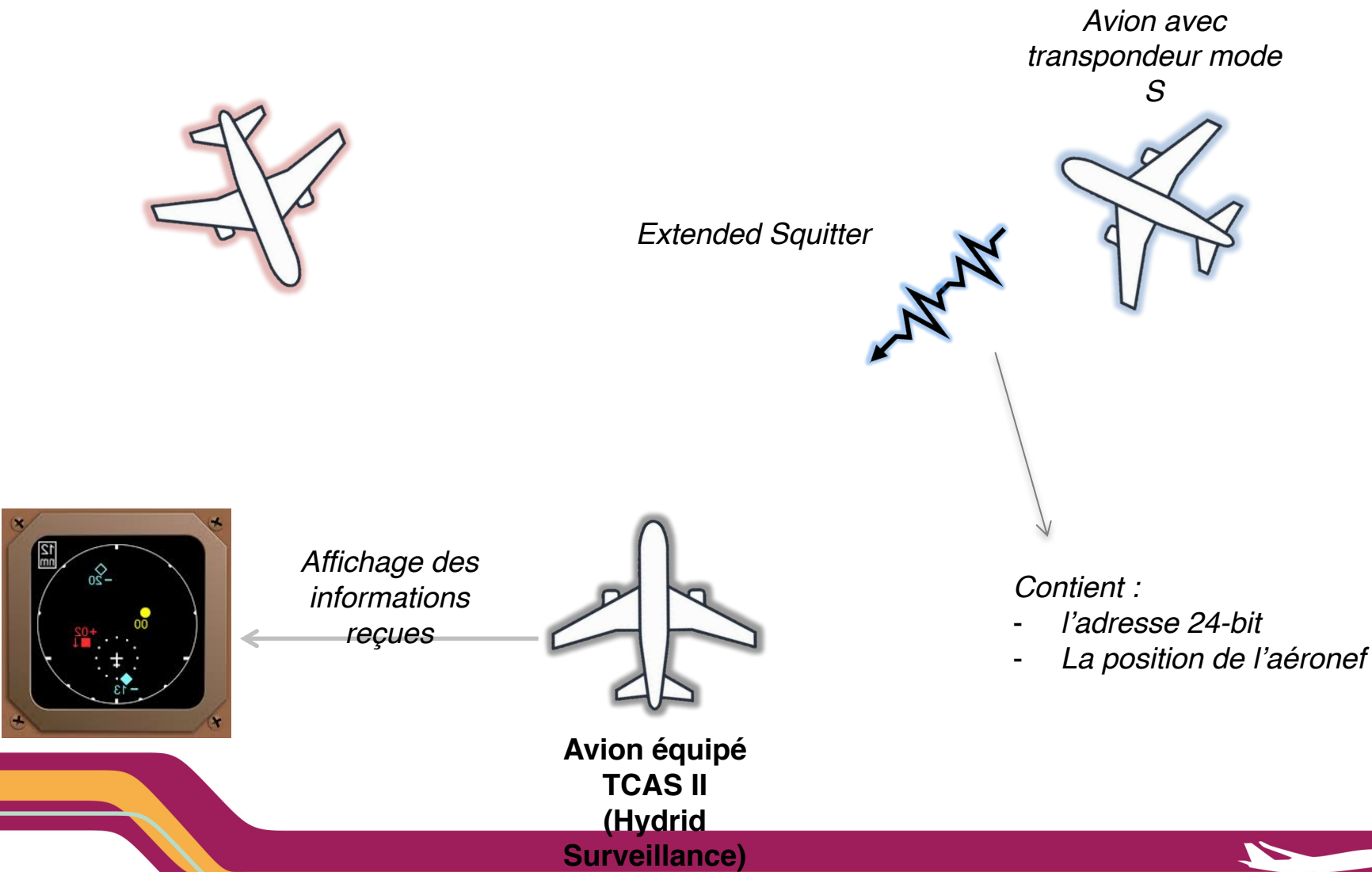
Le fonctionnement du TCAS – l'utilisation du transpondeur



Le fonctionnement du TCAS – l'utilisation du transpondeur

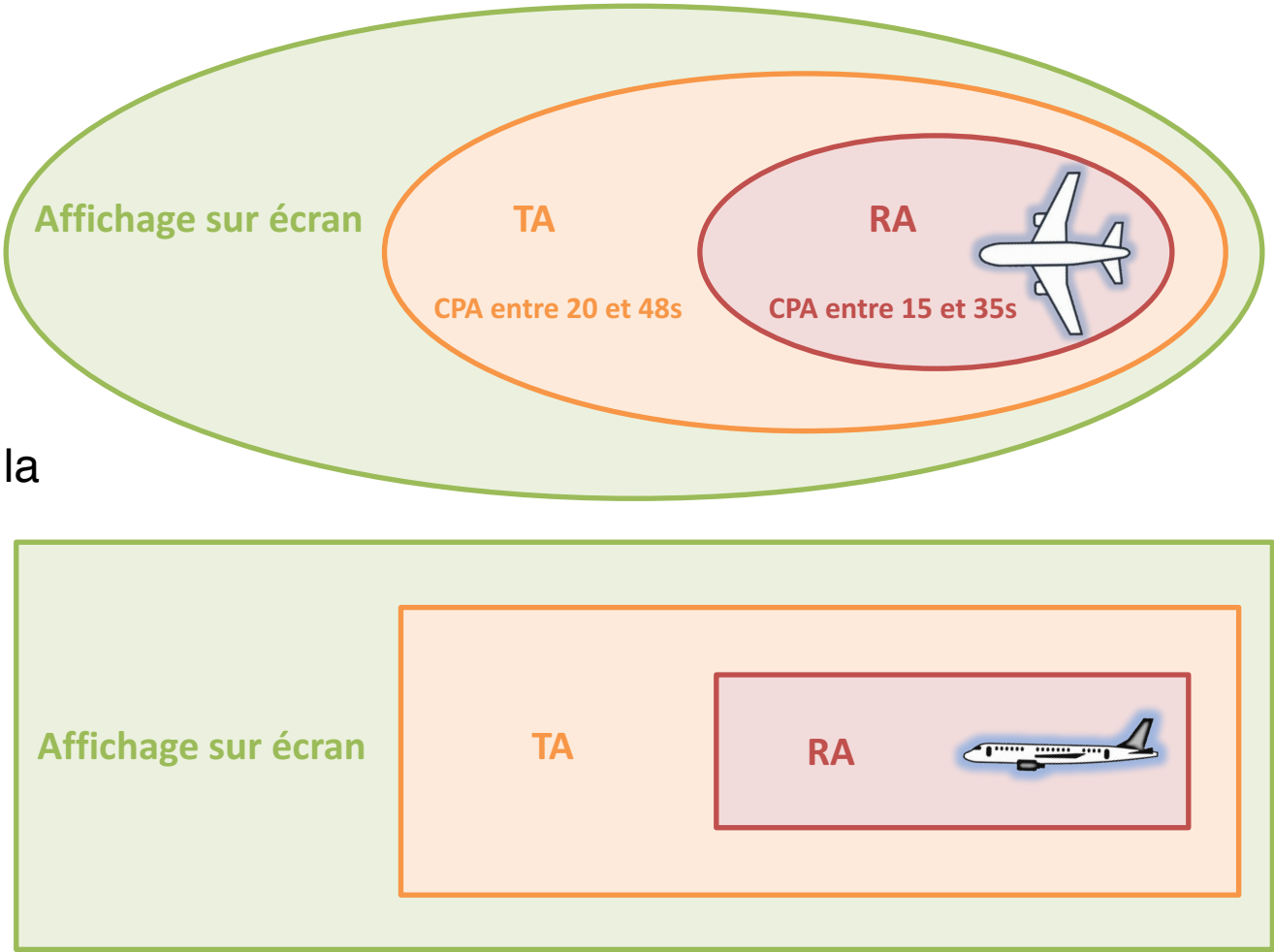


Le fonctionnement du TCAS – l'utilisation du transpondeur

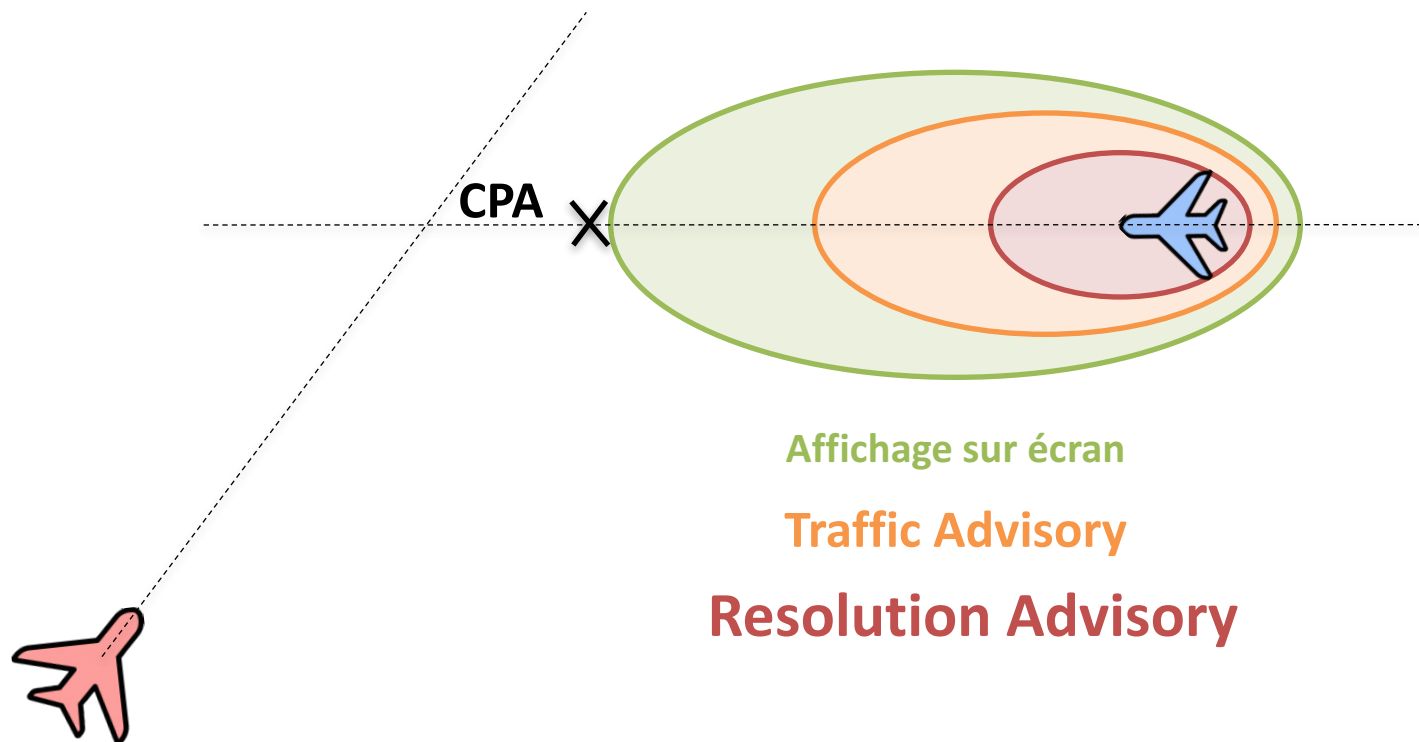


Le fonctionnement du TCAS – Principe de détection d’une menace

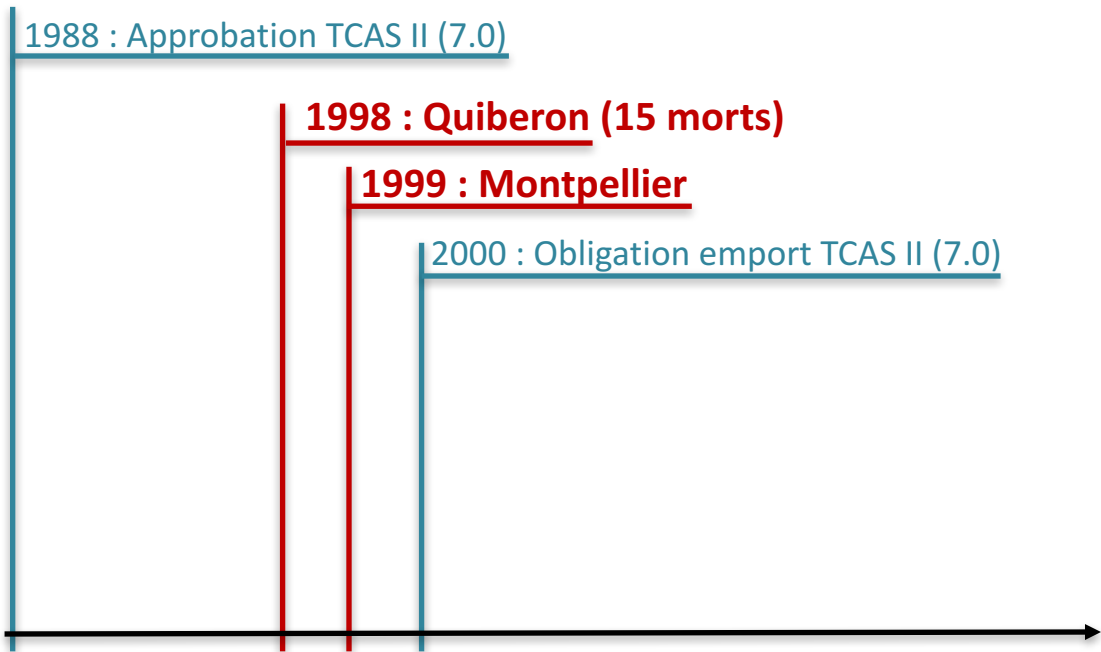
Volume de protection lié à la sensibilité



Le fonctionnement du TCAS – Principe de détection (CPA)



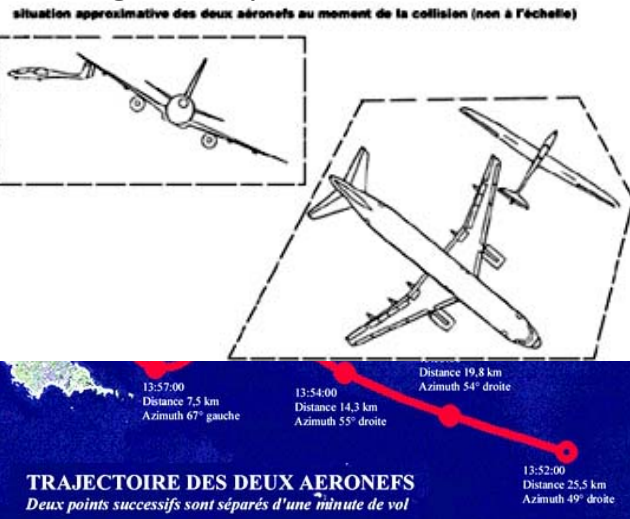
France : collisions / avions de transport commercial



France (1990 – nov. 2018)

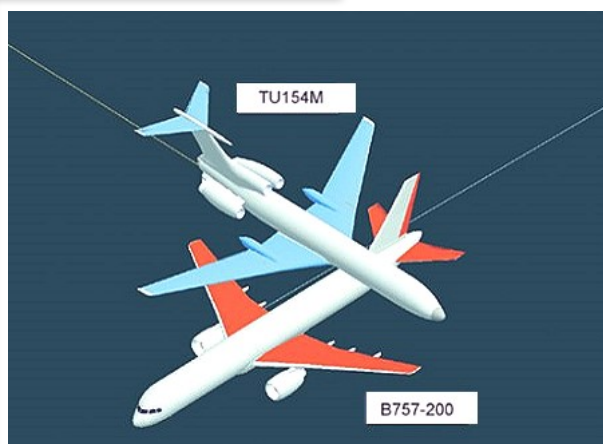
2 accidents impliquant des avions de transport commercial

- ✓ Maintenir IFR
- ✓ Protéger les IFR
- ✓ Exiger l'emport du TCAS



Pertes de séparation / transport commercial

2002 : Uberlingen



ort TCAS II (7.0)

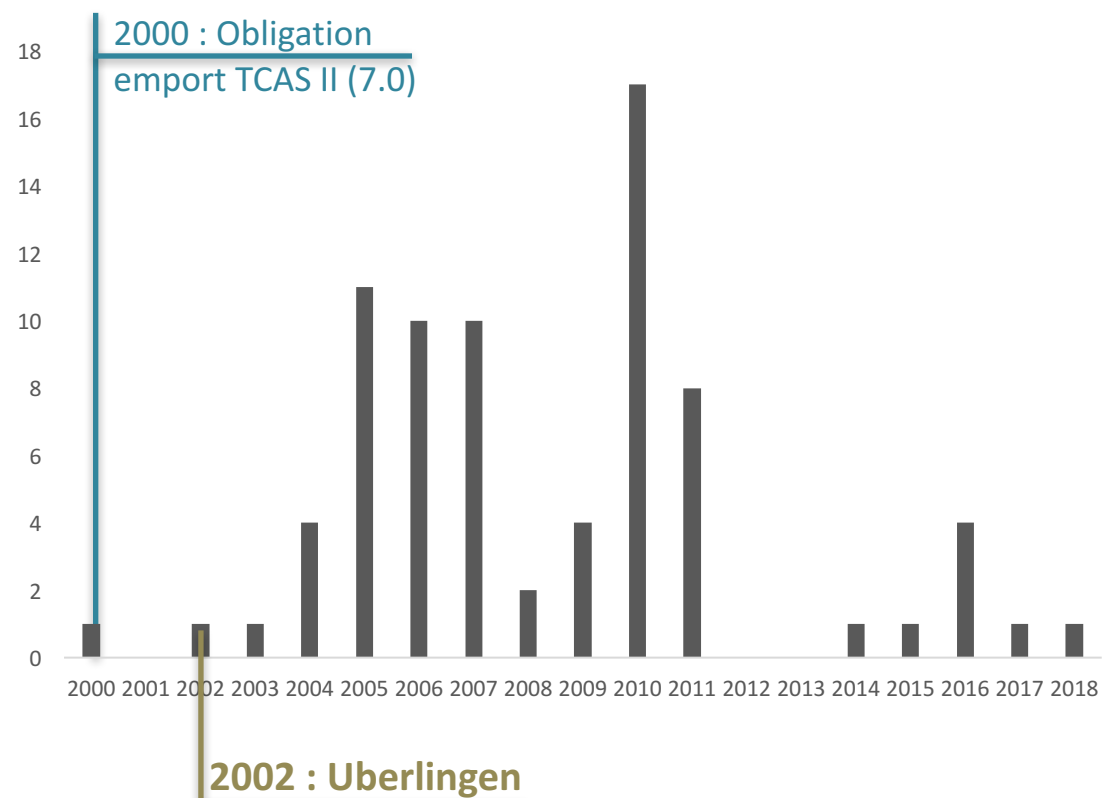
Uberlingen (2002)

Correction inverse au RA / suivi ATC

- ✓ Procédures opérationnelles
- ✓ Mode de réversion RA



France : pertes de séparation / transport commercial



2000-2010

61 enquêtes BEA sur des incidents et incidents graves impliquant des avions de transport commercial

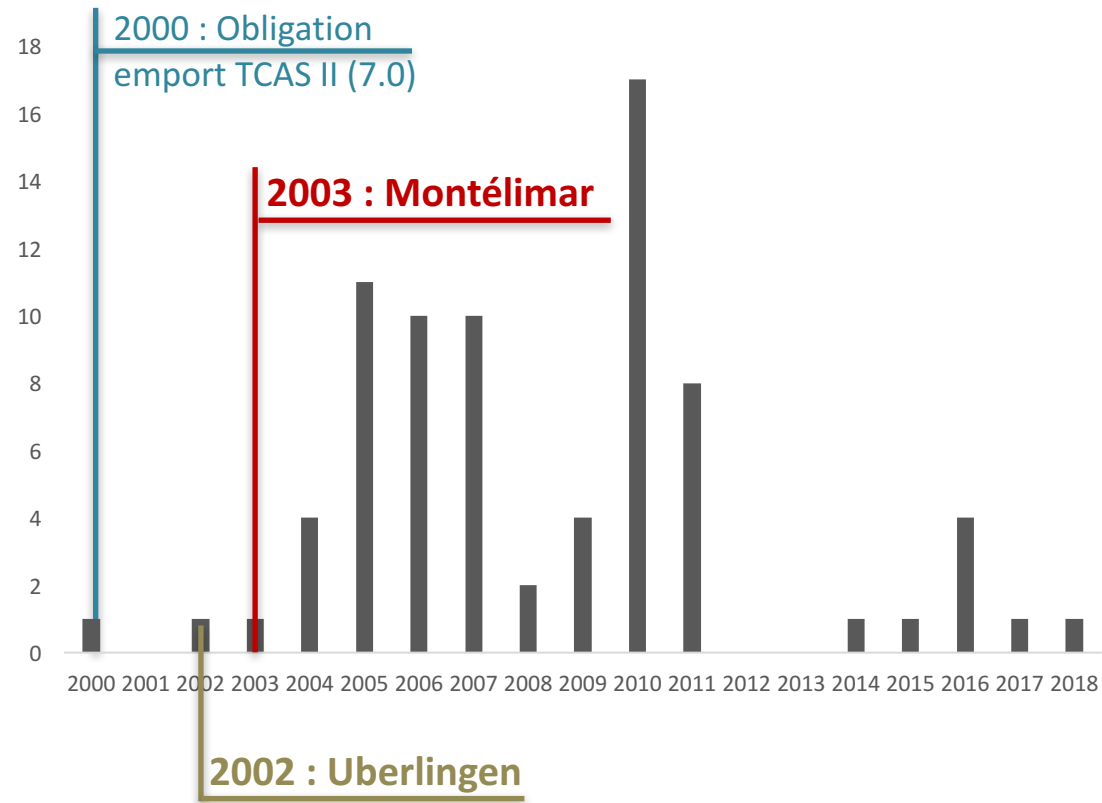
- ✓ Pas de valeur statistique
- ✓ Une/des préoccupation(s)

2005: ITA n°3

NB : 12 incidents (2009-2011) enquêtés dans le cadre de l'étude sur les pertes de séparation en approche triple CDG/LBG



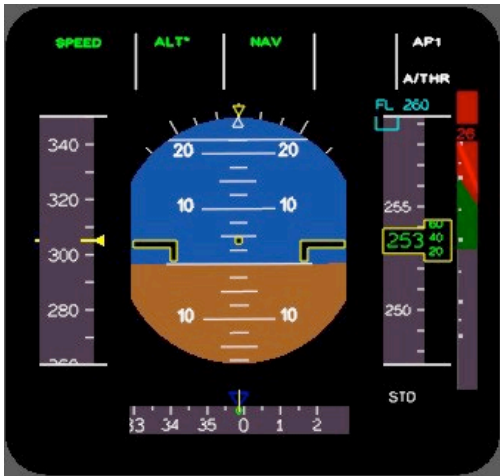
France : pertes de séparation / transport commercial



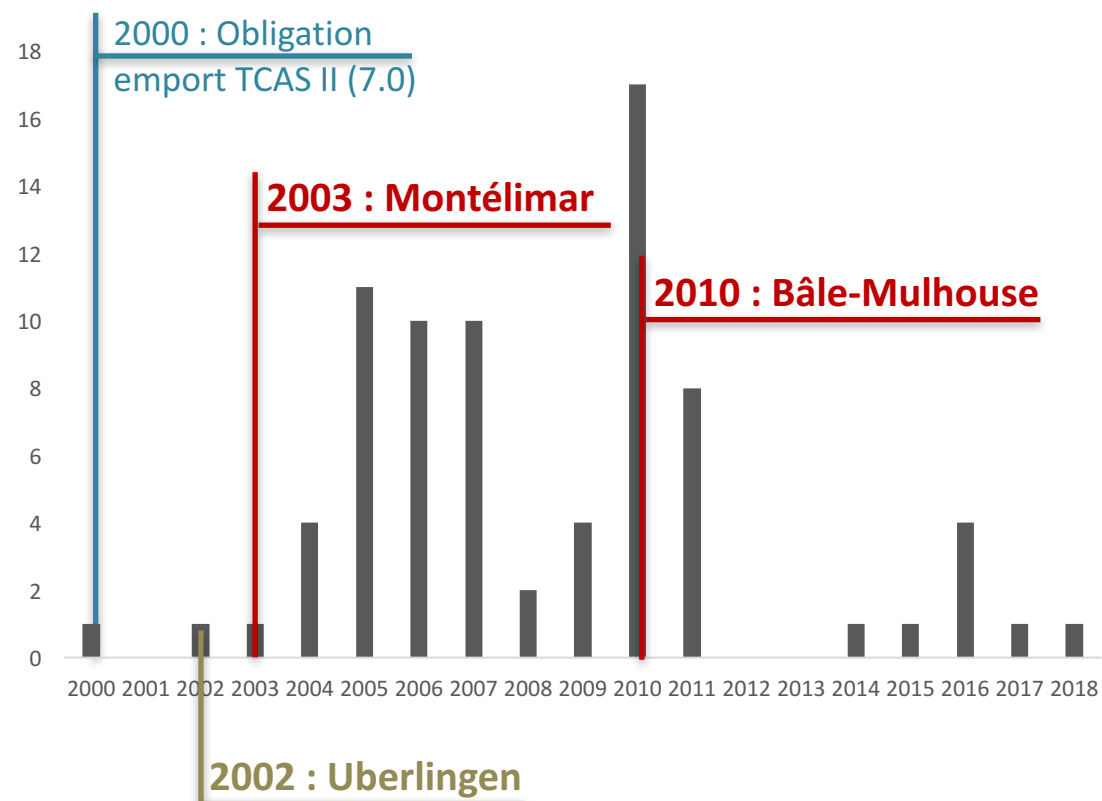
Montélimar 13/03/2003 A320 et A319 Air France

Correction inverse RA Adjust V/S

- ✓ Ergonomie variomètre
- ✓ Annonce Adjust V/S peu explicite
- ✓ Pas d'entraînement à ce RA
- ✓ V/S élevée - approche du FL cible



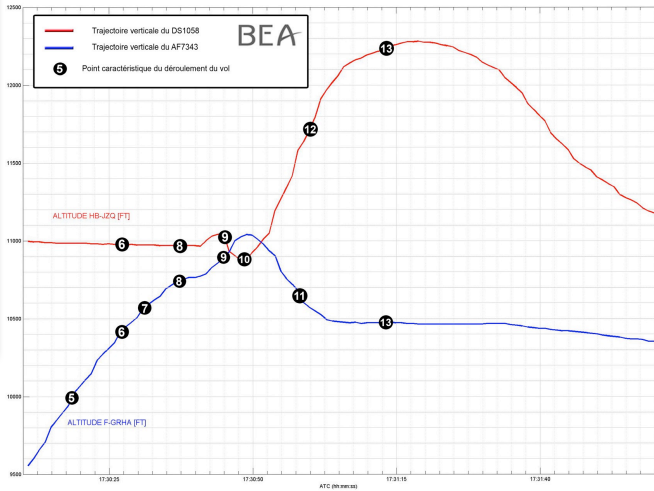
France : pertes de séparation / transport commercial



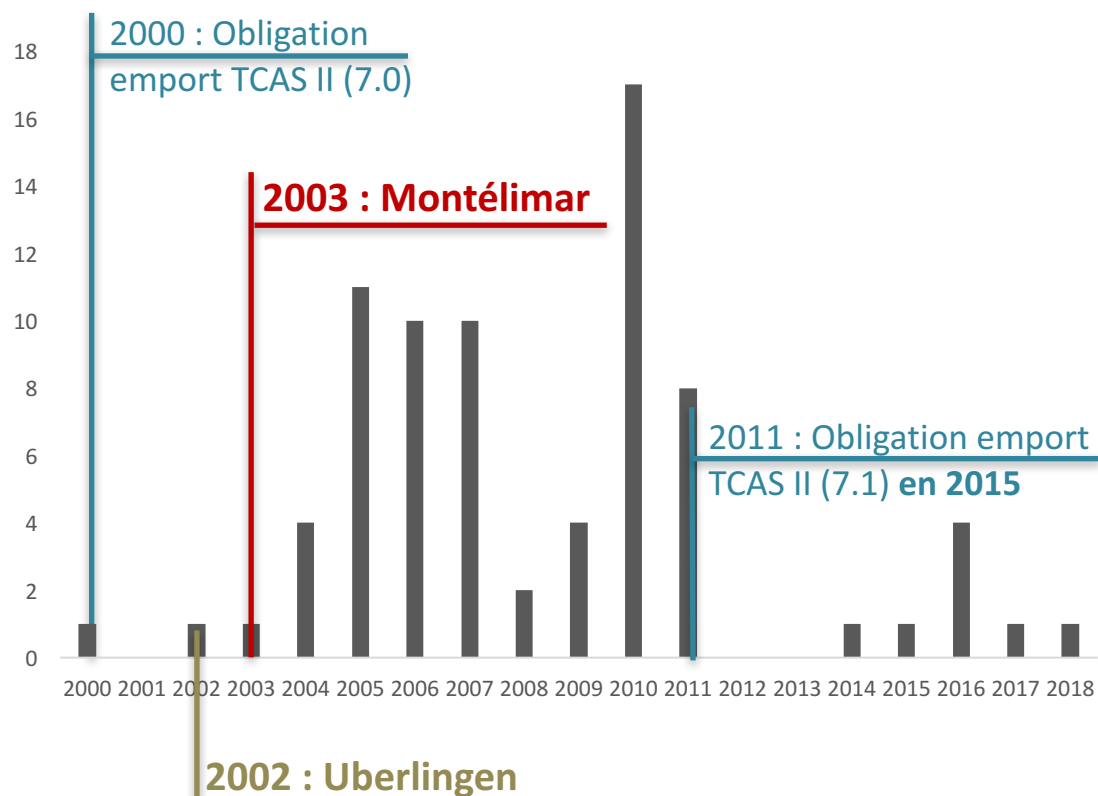
Bâle-Mulhouse 29/06/2010 2 A319 EasyJet / Air France

Action réflexe au RA Monitor V/S

- ✓ RA ⇔ « préventif »
- ✓ Réactions instinctives/hasardeuses dans les plans vertical/ horizontal
- ✓ V/S élevée - approche du FL cible



France : pertes de séparation / transport commercial



Version 7.1 (2015) : étape importante

mais quelques cas mixtes CAT/NCO (IFR/VFR)

- ✓ Limites du concept « voir et éviter » confirmées
- ✓ Trajectoires IFR lissées en limite de TMA/CTR
- ✓ Protection des trajectoires IFR pour le transport commercial
- ✓ Sensibilisation VFR à l'usage radio et transpondeur, même lorsque supposé non obligatoire (ex : écart de navigation VFR)



Le fonctionnement du TCAS – Les versions du TCAS II

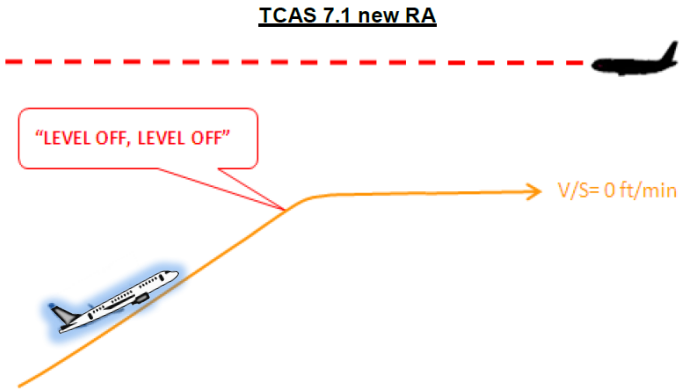
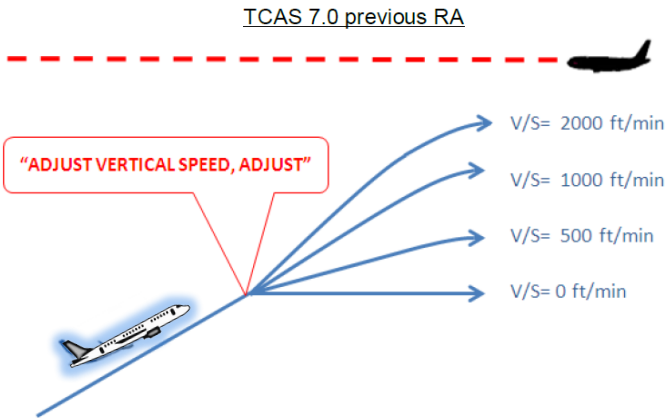
- TCAS II v.7.0
- 1) Réduire le nombre de RA
 - 2) Réduire le déplacement vertical d'un aéronef pour répondre à
- Amélioration de la logique de **gestion de plusieurs menaces**
 - Réduire les nuisances en **TA en espace RVSM**
 - Fournir une **logique d'inversion de RA** lors d'un croisement d'avions équipés
 - Etc.

- TCAS II v.7.1
- Deux changements majeurs :
- Nouveau **Level Off RA**
 - **Logique améliorée d'inversion de RA**



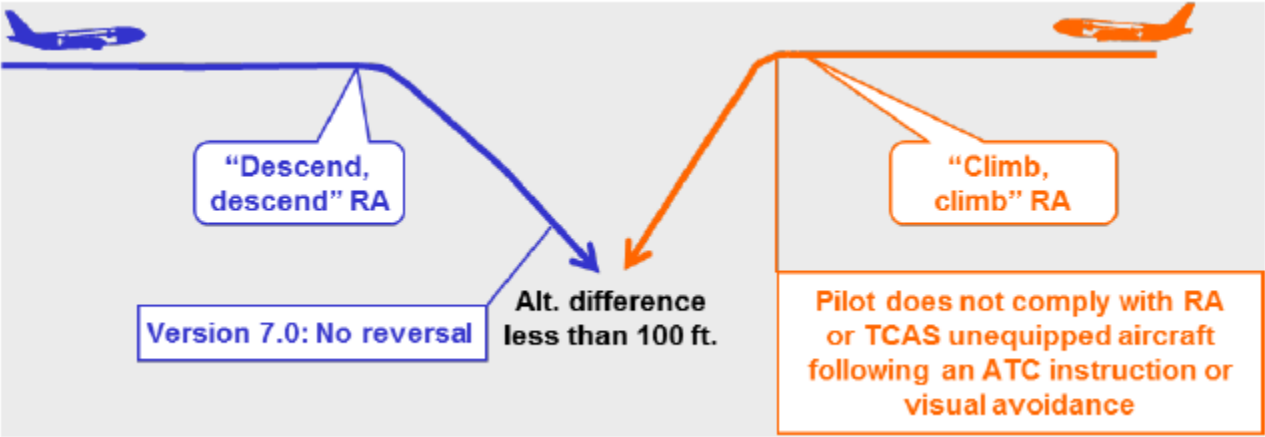
Le fonctionnement du TCAS – Le TCAS II v.7.1

Nouveau « Level Off » RA



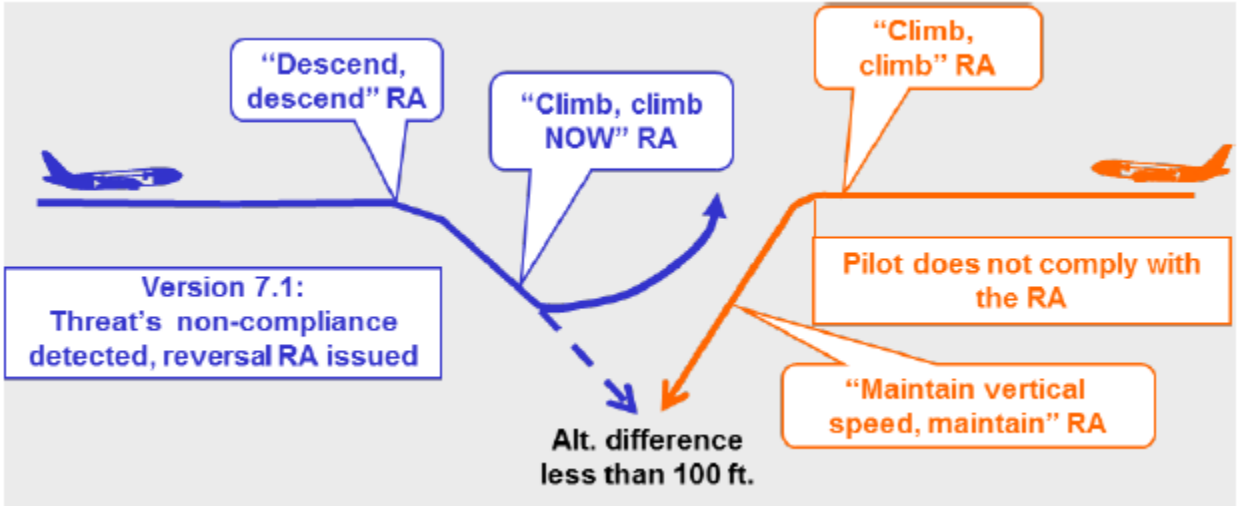
Le fonctionnement du TCAS – Le TCAS II v.7.1

Amélioration de la logique d'inversion de RA



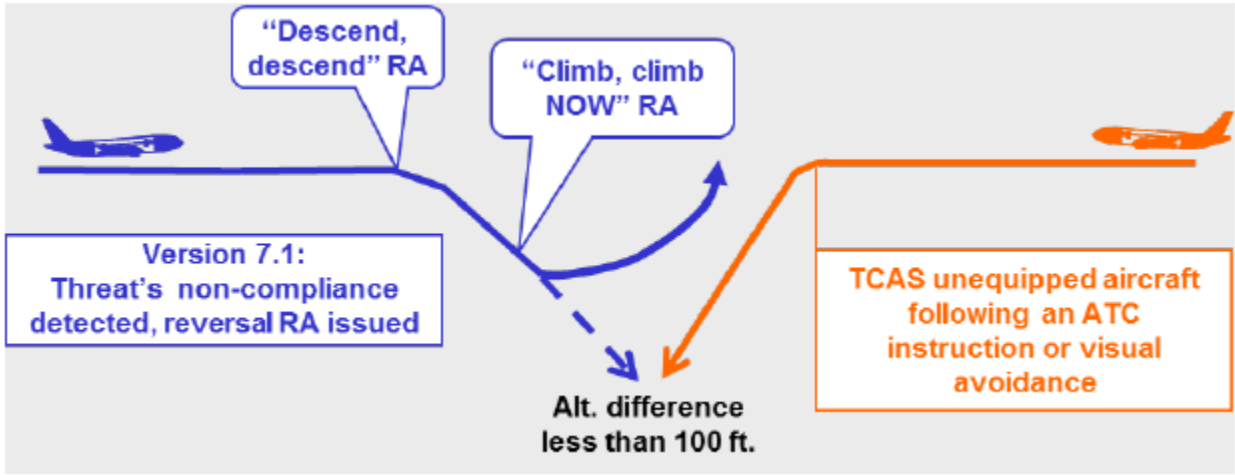
Le fonctionnement du TCAS – Le TCAS II v.7.1

Amélioration de la logique d'inversion de RA

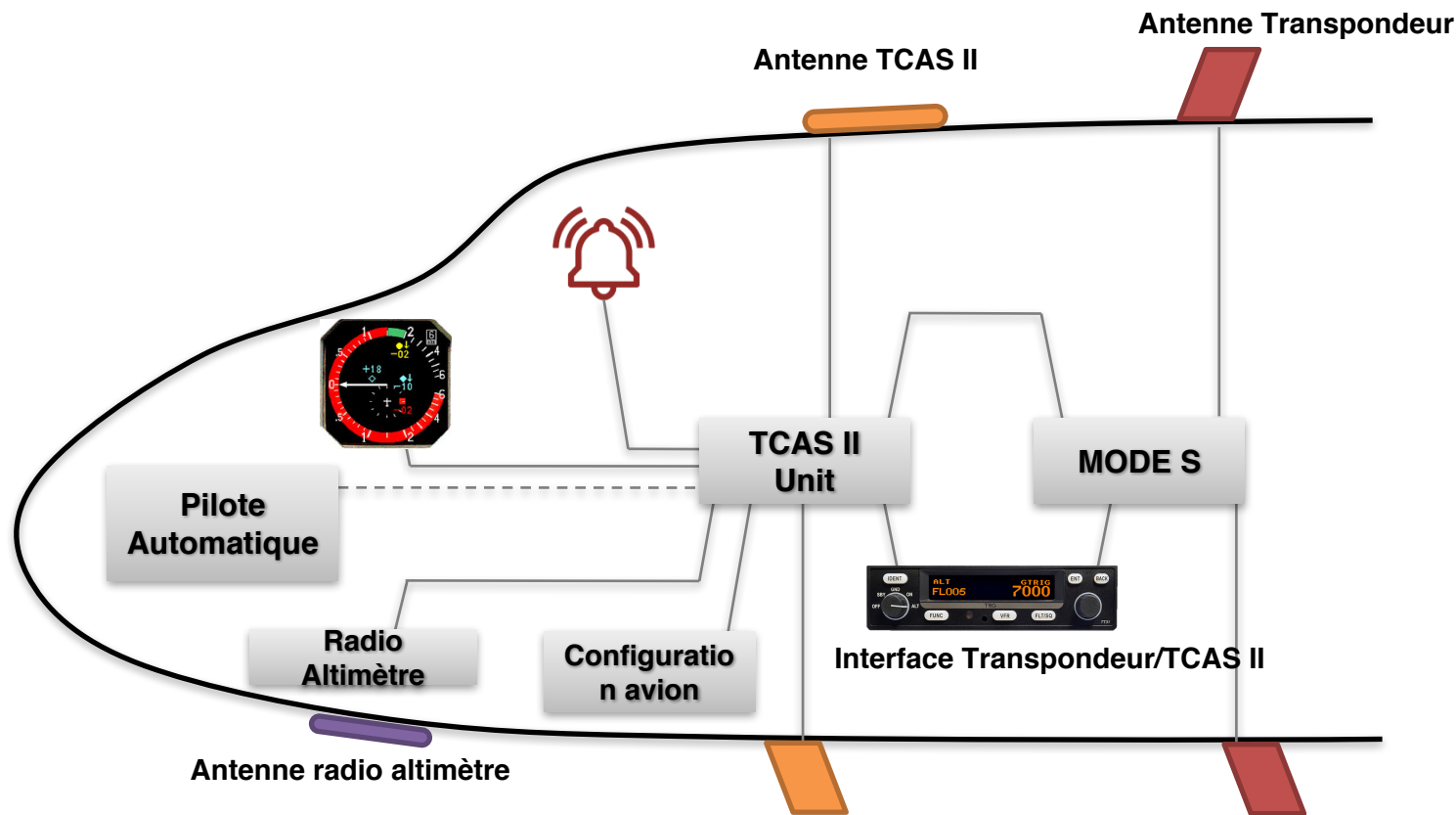


Le fonctionnement du TCAS – Le TCAS II v.7.1

Amélioration de la logique d'inversion de RA



Le fonctionnement du TCAS – L’architecture système du TCAS II v.7.1



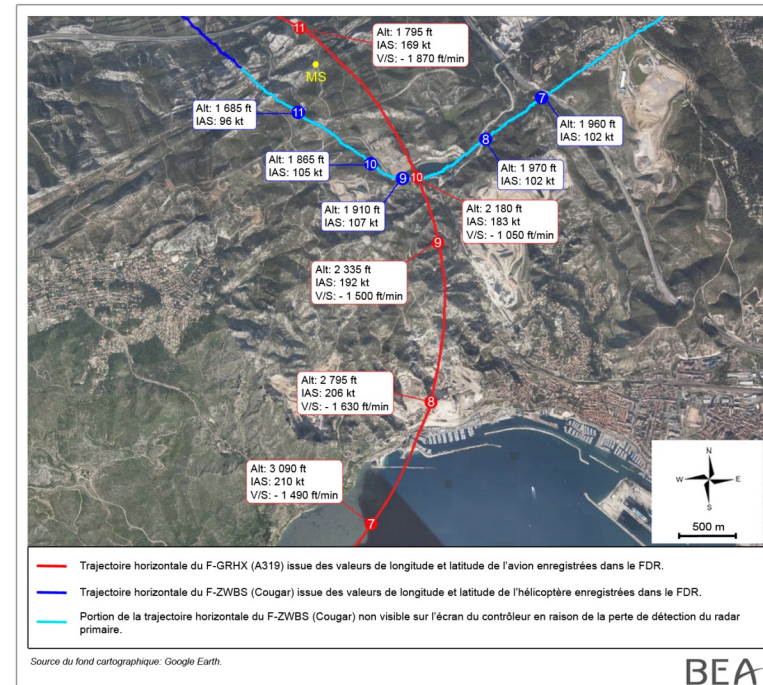
Problèmes d'équipements compromettant le fonctionnement du TCAS

Marseille 27/06/2016

A319 Air France et AS532 Airbus Helicopters

Panne de transpondeur

- ✓ Ségrégation du trafic
- ✓ Perte de détection radar primaire



Problèmes d'équipements compromettant le fonctionnement du TCAS

FIR Bordeaux 02/06/2010

A318 Air France et PC12 privé

Fuite au niveau du circuit de pression statique alimentant le système anémo-altimétrique

Défaillances dépendantes

- ✓ Altitude incorrecte (altimètre)
 - ✓ Non détection de l'écart d'altitude (visualisation radar)
 - ✓ Inefficacité des systèmes d'anticollision (TCAS / STCA)
-
- ✓ Procédure d'urgence ATC / équipages



Collisions VFR / VFR



En croisière, en circuit d'aérodrome...

- ✓ Toujours : limites du concept « voir et éviter »
- ✓ **Besoin de systèmes d'anticollision embarqués pour l'aviation non commerciale / étude sur leur interopérabilité**

Recommandation émise ou rappelée par le BEA à plusieurs occasions

- ✓ 08/09/2009 : Saint-Martin-de-Bréthencourt – F172 / Commander 114
- ✓ 04/02/2010 : Saint-Martin-de-Nigelles – PA28 / ULM Jabiru
- ✓ 05/05/2012 : Buno-Bonneveaux – remorqueur PA25 / planeur Slingsby
NB : initiative de la FFVP – obligation d'emport FLARM planeurs/remorqueurs affiliés
- ✓ 15/04/2014 : Bailleau – remorqueur (câble) DR400 / planeur LS4
NB : FLARM du remorqueur en panne



Collisions VFR / VFR

Chambéry le 16/05/2017

PA28 / Breezer 600

Collision dans le circuit d'aérodrome contrôlé

- ✓ Breezer équipé d'un système de détection de collision
TRX-1500 (détection mode S avec ou sans ADS-B, FLARM)
Alarmes sonores inhibées (nombreuses perturbations)

- ✓ PA28 en mode S, sans capacité ADS-B

Systèmes devenant disponibles

Futur : les insérer dans le cadre opérationnel

- ✓ Déploiement
- ✓ Paramétrage
- ✓ Formation, sensibilisation

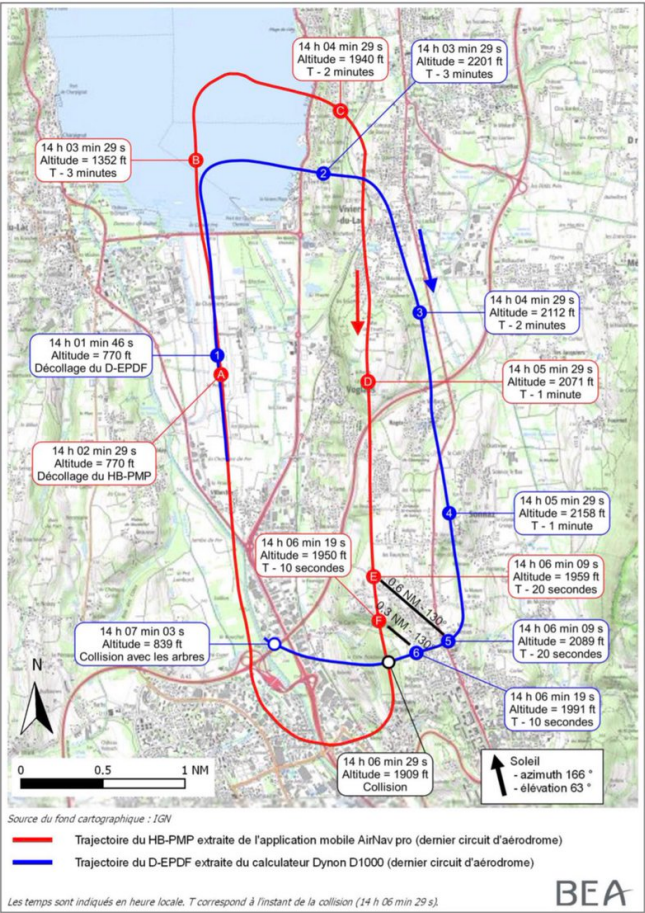


Figure 1 : trajectographie suivie par les deux avions lors du dernier circuit d'aérodrome



MERCI DE VOTRE ATTENTION

DIRECTION GÉNÉRALE
DE L'AVIATION CIVILE

DIRECTION
DE LA SÉCURITÉ
DE L'AVIATION CIVILE

50 RUE HENRY FARMAN
75720 PARIS CEDEX 15

TÉLÉPHONE : 01 58 09 43 21
TÉLÉCOPIE : 01 58 09 43 38

WWW.ÉCOLOGIQUE-SOLIDAIRE.GOUV.FR

direction générale
de l'Aviation civile



direction
de la sécurité
de l'Aviation civile

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

