



Transpondeur IFF, TCAS et ADS-B

Avant de débuter le cours ...



Merci !

Présentation du cours



Photo © Pierre GILLARD/2009-05816

- Introduction.
- Généralités et définitions.
- Les fréquences du transpondeur.
- Les modes du transpondeur.
- Les composants du transpondeur.
- Utilisation des transpondeurs.
- Les antennes des transpondeurs.
- Le système TCAS.
- Tests des transpondeurs.
- ADS-B.
- Multilatération.
- Conclusions.

Introduction



U.S. Navy

- Le transpondeur est un système permettant d'identifier un aéronef sur un écran radar.
- Le transpondeur est associé au radar secondaire et permet d'améliorer la gestion du trafic aérien ainsi que l'évitement des abordages en vol.
- Le transpondeur a évolué au cours du temps et est maintenant associé, notamment, aux systèmes TCAS, ADS-B et MLat.
- Les militaires disposent de transpondeurs avec des fonctions spécifiques; il s'agit des IFF.

Généralités et définitions

- Évolution du trafic aérien mondial en 24 heures :



Généralités et définitions

- Le transpondeur est associé à un système radar.
- « Radar » signifie « *Radio Detection and Ranging* ».
- Les systèmes radar fonctionnent dans les hyperfréquences (micro-ondes > 1 GHz).
- Principales utilisations du radar utilisé en aéronautique :

- ✓ Déterminer la **position des aéronefs** en vol.
- ✓ Gérer et surveiller le **trafic aérien** (ATC).
- ✓ Repérer les **phénomènes météo** (radar *météo-Weather Radar*).
- ✓ Guider les avions lors d'**approches** pour l'atterrissage (*GCA-Ground Controlled Approach*).
- ✓ Repérer les **intrusions non désirées** d'un espace aérien surveillé.

Généralités et définitions

• Définitions associées :

- ✓ Transpondeur (*Transponder*).
- ✓ Répondeur.
- ✓ Radar secondaire.
- ✓ ATC-Air Traffic Control (contrôle du trafic aérien).
- ✓ ATCRBS-Air Traffic Control Radar Beacon System.
- ✓ Identification « ami-ennemi » (IFF-*Identification Friend or Foe*).

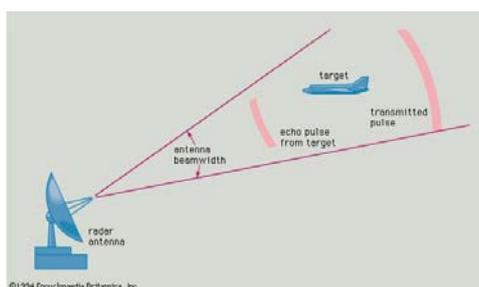
- Autre définition : **AWACS** =
Airborne Warning & Control
System.



Photo© Pierre GILLARD/2010-27256

Généralités et définitions

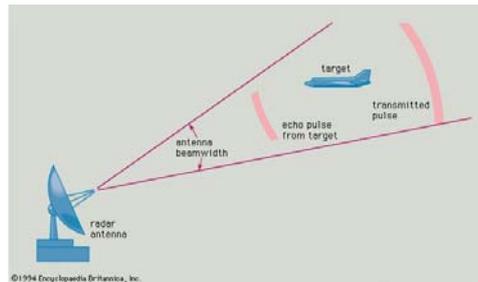
Radar primaire



- Le radar primaire envoie une onde radio en un faisceau étroit.
- Cette onde continue à se propager dans la direction de l'émission tant et aussi longtemps qu'elle ne rencontre pas d'objet « réfléchissant » (métallique).

Généralités et définitions

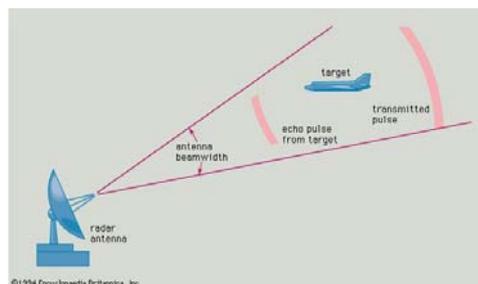
Radar primaire



- Si l'onde rencontre un matériau métallique, elle est réfléchie et retourne vers l'origine de l'émission; c'est l'écho.
- L'intensité de l'écho dépend de la taille de la masse métallique de l'objet situé dans le faisceau.

Généralités et définitions

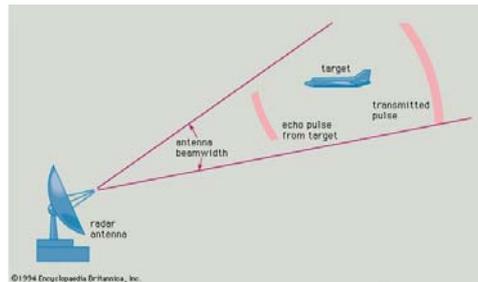
Radar primaire



- L'onde réfléchie est captée par la même antenne que celle qui a servi à l'émission.
- Lorsque l'écho est capté par l'antenne, on peut déterminer le temps mis par l'onde pour effectuer la distance aller-retour; on peut ainsi déterminer la distance séparant l'objet de l'antenne ($D = c * t / 2$).

Généralités et définitions

Radar primaire



- Par ailleurs, on peut aussi déterminer la direction relative de l'objet par rapport à l'antenne en relevant l'azimut de l'antenne.
- Ces informations de distance et d'azimut peuvent ensuite être affichées sous une forme ou une autre à l'opérateur radar.

Généralités et définitions

Radar primaire



- L'affichage des informations de distance et d'azimut du radar primaire s'effectue sous forme de points (Spots) sur un écran du contrôle du trafic aérien.
- Le radar primaire permet donc de déterminer la position d'un aéronef en deux dimensions.
- Le radar primaire ne donne aucune information ni sur l'altitude des aéronefs, ni sur leur identité.
- Les aéronefs évoluant trop près du sol ne sont pas détectés par le radar primaire.

Généralités et définitions

Radar secondaire



- Le radar secondaire est un second système synchrone avec le radar primaire qui interroge les transpondeurs embarqués à bord des aéronefs.
- Ceux-ci répondent en envoyant un ou plusieurs codes permettant de les identifier.
- Cette identification s'inscrit sur l'écran radar à côté de l'écho correspondant à l'aéronef interrogé.

Généralités et définitions

Radar secondaire



- Grâce au transpondeur, les contrôleurs du trafic aérien sont maintenant capables d'identifier les aéronefs et de connaître leur niveau de vol (altitude).



Généralités et définitions

Radar secondaire



Forces Aériennes Belges

- Le transpondeur ne fournit directement au pilote aucune information nécessaire à la navigation.
- Il est cependant fort utile pour éviter les collisions dans les espaces aériens extrêmement achalandés des zones d'aéroports et pour suivre les aéronefs dans l'espace aérien contrôlé.
- Les informations fournies au pilote se limitent à une indication du fonctionnement correct ou non du transpondeur par un voyant lumineux ainsi que le code à quatre chiffres transmis et parfois le niveau de vol.

Généralités et définitions

Radar secondaire

- Exemple d'informations visibles sur les écrans ATC :



Généralités et définitions

- Dans certains cas, on souhaite que l'aéronef ne soit pas détecté par les ondes radar :

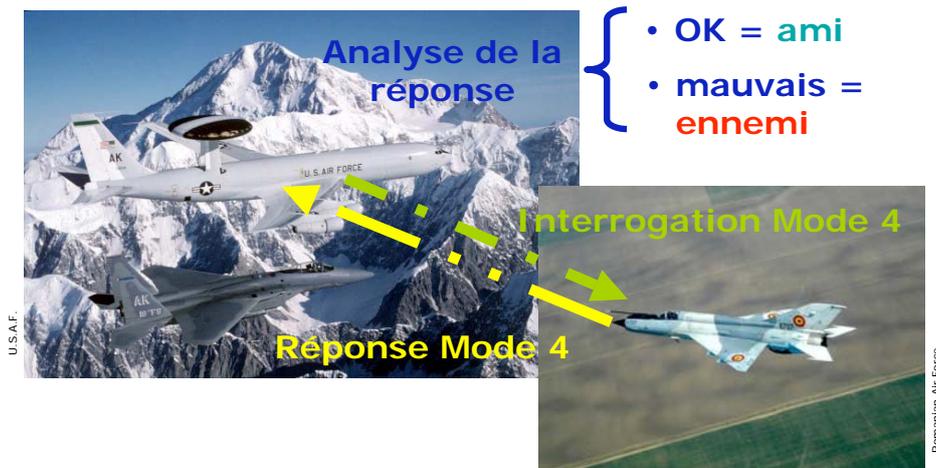


© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Généralités et définitions

IFF - Identification Friend of Foe



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Généralités et définitions

Le cas de l'Airbus A300 vol 655 d'Iran Air



- Le 3 juillet 1988, dans le Détroit d'Ormuz, un destroyer américain, le USS Vincennes, a abattu un Airbus A300 d'Iran Air à l'aide d'un missile tuant les 290 occupants.
- Le navire croyait être attaqué par un F-14 Tomcat iranien !

Généralités et définitions

Codes particuliers



- Le transpondeur permet d'envoyer un code à quatre chiffres (mode A) de 0000 à 7777.
- Il existe certaines codes destinés à des urgences et détresses :

7500 = détournement
7600 = panne radio
7700 = détresse

Les fréquences utilisées par les transpondeurs



1030 MHz



Le radar secondaire ou l'interrogateur TCAS envoie ses impulsions d'interrogation sur 1030 MHz.

Les fréquences utilisées par les transpondeurs



1090 MHz



Le transpondeur répond en envoyant ses impulsions sur 1090 MHz.

Les modes du transpondeur

- Différents modes existent pour les transpondeurs civils et militaires :

- ✓ **Mode 1** : code de mission à deux chiffres affiché par un aéronef (codage sur 5 bits, militaire).
- ✓ **Mode 2** : code à quatre chiffres en octal attribué depuis le sol à un chasseur et peut être modifié en vol pour les aéronefs de transport (militaire).
- ✓ **Mode 3/A** : code à quatre chiffres en octal (codage sur 3 bits) utilisé pour identifier tant les aéronefs civils que militaires.
- ✓ **Mode 4/IFF** : codage militaire identifiant un « ami » ou un « ennemi » qui retourne une réponse suite à une interrogation chiffrée comprenant trois impulsions.

Les modes du transpondeur

- Différents modes existent pour les transpondeurs civils et militaires :

- ✓ **Mode C** : indique le niveau de vol (altitude-pression) sous forme de quatre chiffres codés en octal (civil et militaire).
- ✓ **Mode S** : fourni diverses informations de manière sélective ainsi que l'identité de l'aéronef grâce à un code de 24 bits (civil et militaire).
- ✓ **Mode 5** : fourni une version cryptée du mode S ainsi que la position GPS (militaire).

Les modes du transpondeur



Photo © Pierre GILLARD/2010-27385

- Un Panavia Tornado GR.4 de la Royal Air Force a été abattu par un missile Patriot américain alors qu'il était en approche pour atterrir à la base Ali Al Salem au Koweït le 22 mars 2003.
- Les opérateurs de la batterie Patriot ont confondu le Tornado « Yahoo 76 » avec un missile iraquien.
- Selon l'armée américaine, l'IFF du Tornado ne fonctionnait pas.
- Les deux membres d'équipage du Tornado ont été tués.

Les modes du transpondeur

Le code à 24 bits identifiant les aéronefs en mode S

- On peut trouver le code à 24 bits identifiant un aéronef canadien en mode S sur le site de Transports Canada :



Photo © Pierre GILLARD/004486

Identifier le code à
24 bits de ce DHC-8 :

CCARCS

- Il s'agit du même code que celui utilisé par les balises de détresse (ELT) fonctionnant sur 406,025 MHz.

Les composants du transpondeur

- Le transpondeur reçoit l'interrogation du radar secondaire et fournit la réponse contenant le code assigné par le contrôleur (mode A), le code de niveau de vol (mode C) et les autres informations du mode S le cas échéant.
- L'encodeur d'altitude ou la centrale anémo-barométrique (ADC-*Air Data Computer*) convertit l'altitude-pression calée à 1013,25 mb (29,92 in Hg; niveau de vol) en un code interprétable par le transpondeur (code Gray, ARINC 429, ...)
- Les antennes servent tant à la réception des interrogations qu'à l'émission des réponses.
- Dans le cas du mode S, différents capteurs envoient les informations pertinentes sous forme numérique au transpondeur qui les transmet aux stations radar au sol ou aux interrogeurs TCAS des autres aéronefs.

Les composants du transpondeur

Petite aviation



L'encodeur d'altitude envoie la valeur du niveau de vol au transpondeur

Le transpondeur reçoit une interrogation



Le transpondeur répond en envoyant le code (0022 ici) ou le niveau de vol selon la demande A ou C

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Edouard-Montpetit
Ecole nationale d'aérotechnique

Les composants du transpondeur

Aéronefs équipés du mode S

Altitude - TAS	Navigation	Cap	Identification
			

Rockwell Collins

Photo © Pierre GILLARD/2008-17827

Transpondeur Mode S

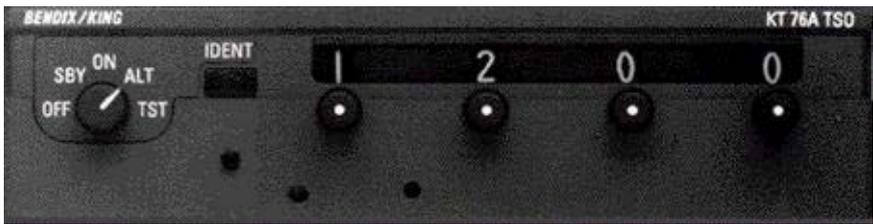
© Département d'avionique Document à des fins de formation

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Edouard-Montpetit
Ecole nationale d'aérotechnique

Utilisation des transpondeurs

Transpondeurs modes A et C



Bendix King

- ✓ **SBY** - *Stand-by* : préchauffage de la cavité.
- ✓ **ON** : fonctionnement en mode « A » du code affiché.
- ✓ **ALT** : fonctionnement en modes « A » et « C » avec envoi du code affiché et du niveau de vol.
- ✓ **TST** - *Test* : vérification du témoin.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation des transpondeurs

Transpondeurs mode S



Bendix King

- ✓ **SBY - Stand-by** : préchauffage de la cavité.
- ✓ **TST - Test** : vérification de l'affichage et du fonctionnement interne.
- ✓ **GND - Ground** : ne répond pas aux interrogations « A » et « C »; répond aux interrogations « S » en indiquant que l'appareil est au sol.

Utilisation des transpondeurs

Transpondeurs mode S



Bendix King

- ✓ **ON** : répond aux interrogations « A », « C » et « S », mais ne renvoie pas l'information d'altitude.
- ✓ **ALT** : répond aux interrogations « A », « C » et « S » avec envoi de toutes les informations.

Utilisation des transpondeurs

Le bouton « IDENT »



- Il s'agit s'une impulsion spéciale (SPI - *Special Pulse Identification*) envoyée au radar secondaire par le transpondeur.
- C'est le contrôleur du trafic aérien qui demandera au pilote d'envoyer cette impulsion (« *Squawk 1200 and Ident* », par exemple).
- Ceci aura pour effet de mettre l'écho de l'avion concerné en surbrillance sur l'écran radar du contrôleur lui facilitant le repérage.

Les antennes des transpondeurs

- Les transpondeurs fonctionnant dans la gamme de fréquences des UHF, les antennes auront des dimensions réduites :



Polarisation verticale

Les antennes des transpondeurs

Installation des antennes sur les aéronefs civils

- Exemple : Beechcraft King Air 90 (modes A et C).



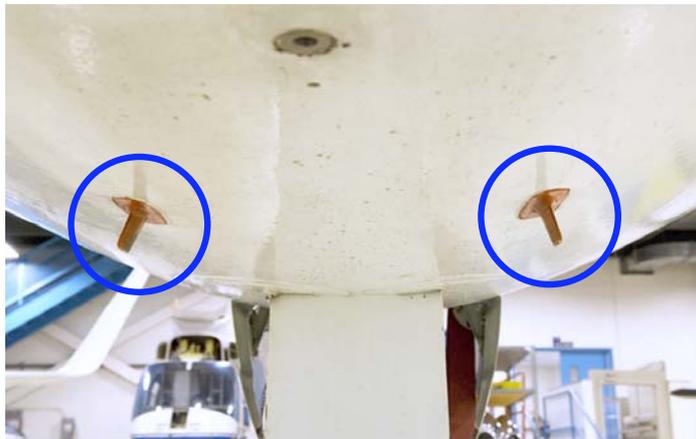
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Les antennes des transpondeurs

Installation des antennes sur les aéronefs civils

- Exemple : Canadair CL601 Challenger (antennes inférieures)



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Les antennes des transpondeurs

Installation des antennes sur les aéronefs civils

- Exemple : Canadair CL601 Challenger (antennes supérieures)



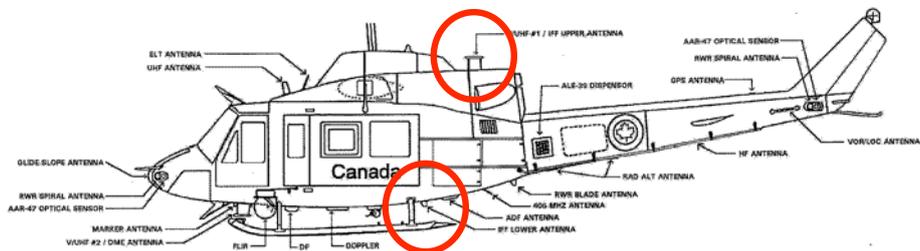
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Les antennes des transpondeurs

Installation des antennes sur les aéronefs militaires

- Exemple : Bell CH-146 Griffon (système IFF)



Escadron 438 - EITA

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Le système TCAS



- « TCAS » signifie « Traffic Collision Avoidance System » (on parle parfois d'ACAS pour « Airborne Collision Avoidance System »).
- Le système TCAS a été conçu pour éviter l'abordage entre les avions suite à différentes collisions ayant eu lieu en plein ciel.
- Le système TCAS embarqué à bord d'un aéronef envoie des interrogations aux transpondeurs des autres appareils évoluant à proximité.
- Il reçoit aussi les informations transmises de façon spontanée par les transpondeurs Mode S.

Le système TCAS



- Les aéronefs équipés de transpondeurs Mode C répondent également à l'interrogation TCAS.
- Les positions de ces aéronefs sont calculées ou transmises au système TCAS qui détermine s'il y a un danger de collision avec l'un ou l'autre appareils dans le voisinage.
- Le système TCAS assure le suiti continu du trafic dans l'environnement de l'aéronef.

Le système TCAS

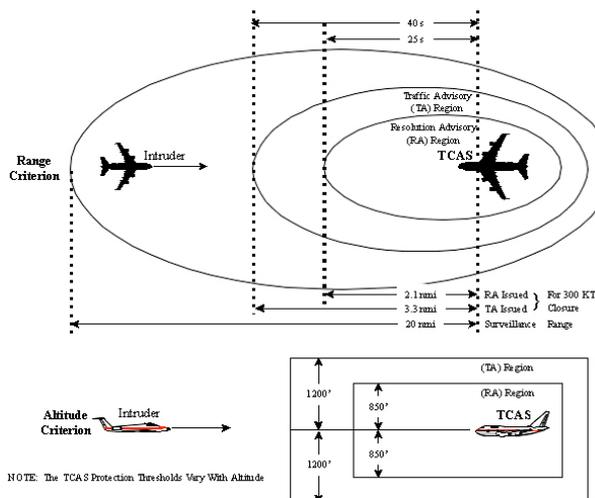
- En cas de conflit potentiel, le système TCAS-I donne l'alerte au pilote; c'est à lui de réagir de la façon la plus appropriée.



SERGE LAFOREST

- Le TCAS-II fonctionne de la même manière, mais avec les transpondeurs Mode C et Mode S des autres aéronefs.
- De plus, le TCAS-II indique au pilote une manoeuvre évasive en montée ou en descente pour éviter l'abordage.
- Le système TCAS-III n'est pas encore opérationnel; il ajoutera notamment des directions latérales aux manoeuvres évasives suggérées au pilote.

Le système TCAS



- TA (Traffic Advisory) : « Traffic, traffic ! »
- RA (Resolution Advisory) : « Climb, climb ! » ou « Descend, descend ! » par exemple.
- Après : « Clear of conflict ! »





ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT



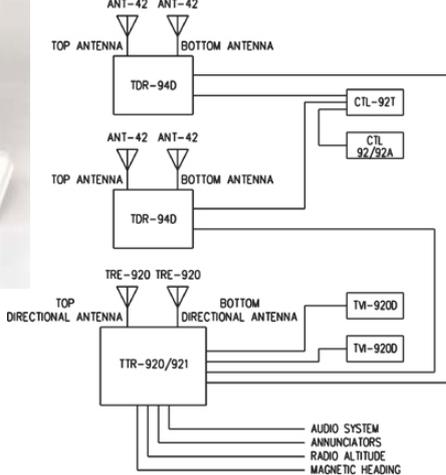
Collège Édouard-Montpetit
École nationale d'aérotechnique

Le système TCAS

Exemple de configuration d'un système TCAS



Rockwell Collins



Rockwell Collins

© Département d'avionique

Document à des fins de formation



ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

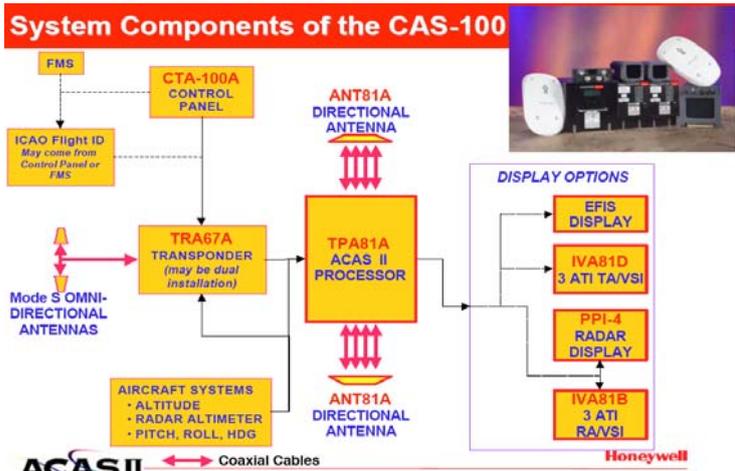


Collège Édouard-Montpetit
École nationale d'aérotechnique

Le système TCAS

Exemple de configuration d'un système TCAS

System Components of the CAS-100



Honeywell

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Le système TCAS

TCAS pour aviation d'affaire ou commerciale

- Les avions d'affaires et commerciaux doivent obligatoirement disposer d'un système TCAS.
- Les informations provenant du TCAS s'afficheront sur un EVSI ou sur un des écrans EFIS.



Images : Rockwell Collins



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Le système TCAS

TCAS pour aviation générale

- De plus en plus, l'aviation générale s'équipe aussi en moyens de prévention des abordages :



Garmin



Garmin

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Le système TCAS

Antennes des interrogateurs TCAS

- Les antennes des interrogateurs TCAS sont directionnelles.
- Elles possèdent trois ou quatre connexions en général identifiées par des couleurs.
- Une antenne est installée sur le dessus de l'aéronef, l'autre en dessous.



Images : Euram & Garmin

Le système TCAS

Le cas de Zagreb



Image : BEA Virtual



Auteur Inconnu

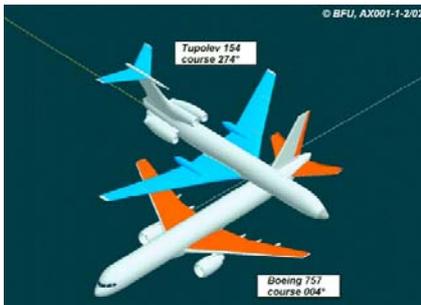


AirDisasters.com

- Le 10 septembre 1976, un HS.121 Trident de British Airways est percuté en vol par un DC-9 d'Inex Adria au-dessus de Zagreb en Yougoslavie.
- Le DC-9 qui volait à un niveau de vol inférieur au Trident avait été autorisé pour monter à un niveau supérieur.
- Changeant de contrôleur aérien durant sa montée, l'équipage du DC-9 était en attente d'un nouveau code transpondeur et ce dernier était donc en Stand-by.
- Les contrôleurs, surchargés de travail à ce moment-là, n'ont pas vu la collision imminente.

Le système TCAS

Le cas d'Überlingen



BPU



Daniel Sammans

- Au-dessus de l'Allemagne, mais dans la zone du contrôle aérien suisse, un Tupolev 154 a percuté un Boeing 757 (71 morts).
- Les systèmes TCAS des deux avions ont parfaitement fonctionné, mais le contrôleur suisse a donné une instruction contraire à celle du TCAS au pilote du Tupolev.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Le système TCAS

Le cas du Boeing 737 de Gol au Brésil

- Le 29 septembre 2006, un Boeing 737-8EH assurant une liaison entre Manaus et Rio de Janeiro est percuté en plein vol par un Embraer Legacy au dessus de la jungle brésilienne.



Wikimedia

- Le transpondeur du Legacy avait été coupé par inadvertance; le TCAS du Boeing n'a pas pu prévenir son équipage afin d'éviter la collision.
- Le Legacy et le Boeing volaient dans le même couloir aérien.
- Le Legacy était à un niveau de vol non autorisé par l'ATC.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Tests des transpondeurs

- Les transpondeurs sont testés en laboratoire par des techniciens en électronique ou en avionique à l'aide de bancs de tests permettant d'effectuer des essais très poussés.



- Les transpondeurs peuvent aussi être testés sur les aéronefs grâce à des appareils de tests portables.

Tests des transpondeurs

- Dans le cadre de ce cours, nous pouvons utiliser le banc de tests portable IFR ATC-600A permettant de vérifier les transpondeurs équipés des modes « A » et « C ».



Photo © Pierre GILLARD/2010-15382

Tests des transpondeurs

- Remarque concernant la position de l'antenne de test :



Photo © Pierre GILLARD/2010-15386

Tests des transpondeurs

- Au hangar, nous utilisons aussi le banc de tests portable TIC TR220 permettant de vérifier les transpondeurs équipés des modes « A », « C » et « S ».



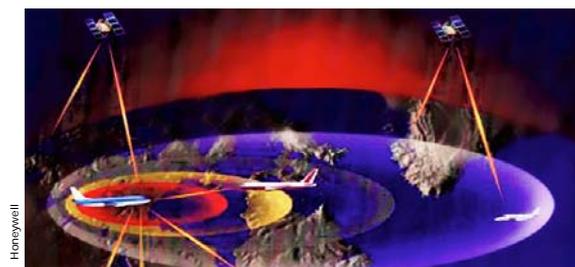
Photo © Pierre GILLARD/2012-219840

Tests des transpondeurs

Attention lors des tests effectués sur des transpondeurs simultanément avec des tests « Pitot et statique » !

- Lorsque votre transpondeur est actif au sol, celui-ci peut être interrogé par des TCAS d'aéronefs en vol.
- Si votre système statique est mis sous dépression pour simuler une altitude alors que vous testez votre transpondeur, celui-ci peut créer des conflits détectés par les TCAS d'aéronefs évoluant à des altitudes voisines à celles que vous simulez !
- Beaucoup de transpondeurs modernes sont équipés d'un mode « Ground » activé manuellement, par interrupteur « WOW » ou encore lorsque la vitesse se situe en dessous d'un certain seuil et qui empêchent la création de conflits intempestifs.

ADS-B



- « ADS-B » signifie « Automatic Dependant Surveillance-Broadcast ».
- Le principe est que les aéronefs s'informent mutuellement de leur position respective en prenant référence sur un système GNSS.
- L'ADS-B vient en complément des systèmes transpondeurs et TCAS.

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Édouard-Montpetit
École nationale d'aérotechnique

ADS-B

- Contrairement à un système de contrôle du trafic aérien, il n'y a aucune action initiale réalisée au départ du sol :
 - Not ground initiated
 - ADS-B reports broadcasted to other aircraft or ground stations (ADS-B OUT, ADS-B IN)
 - ADS-B information derived from onboard avionics

Image - Eurocontrol

✓ **ADS-B In** : Des autres aéronefs et du sol vers l'aéronef.
 ✓ **ADS-B Out** : De l'aéronef vers le sol et les autres aéronefs.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Édouard-Montpetit
École nationale d'aérotechnique

ADS-B

- Des stations au sol peuvent également compiler l'ensemble des données reçues en provenance de tous les aéronefs et les retransmettre à tous les aéronefs (TIS-Traffic Information Service) par transmission de données (ADS-B IN).
- Ainsi, même des aéronefs qui ne disposeraient pas de TCAS peuvent avoir des informations sur les appareils potentiellement en conflit.
- Par ailleurs, l'ADS-B permet d'étendre la portée du système TCAS au-delà de la contrainte des 40 NM due à la puissance maximale des signaux d'interrogation.
- Les futurs systèmes automatisés de gestion du trafic aérien utiliseront également les positions transmises par le système ADS-B OUT.
- L'ADS-B est prévu pour fournir ultérieurement d'autres services (informations de vol (FIS), météo, etc.) (ADS-B IN).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ADS-B

Principe de fonctionnement

- Le système ADS-B OUT utilise plusieurs fréquences (rec. OACI) :

- ✓ **978 MHz (UAT)** : *Universal Access Transceiver* - surtout destiné à l'aviation générale (aux USA et en Chine seulement).
- ✓ **1090 MHz (ES)** : *Extended Squitter* - Extension du transpondeur mode S (utilisé mondialement, Canada inclus).
- ✓ **118-136,975 MHz** : Un ou plusieurs canaux VHF selon le standard VDL4 (*VHF Data Link*) (à l'essai en Europe, Suède).

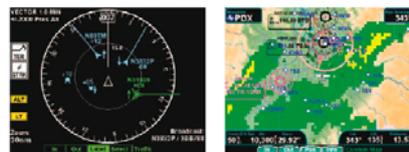
- L'ADS-B IN utilise les fréquences suivantes :

- ✓ **978 MHz (UAT)** : même équipement que l'ADS-B OUT.
- ✓ **1030 MHz** : fréquence d'interrogation des transpondeurs.

ADS-B

Exemple d'installation ADS-B à bord d'un avion léger

- Exemple : Garmin GDL 90.



specifications

Physical

Height: 7.42 inches (18.84 cm)
Width: 3.54 inches (8.97 cm)
Depth: 12.64 inches (32.11 cm)
Weight (with mounting tray): 4.4 lb (2.0 kg)
(mounting tray only): 1.2 lb (0.54 kg)

Electrical

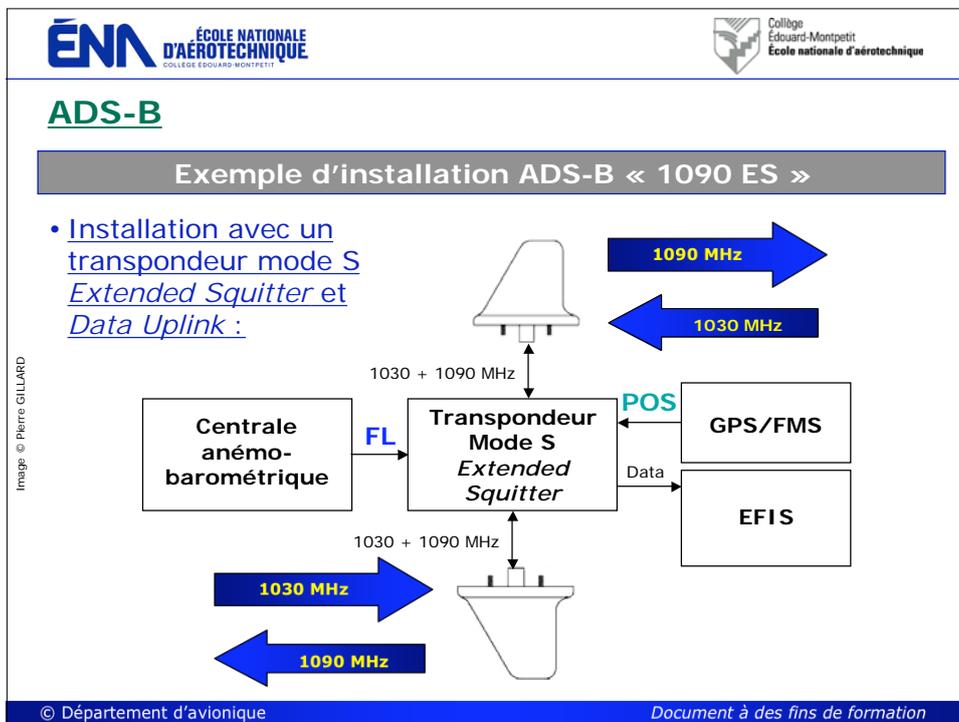
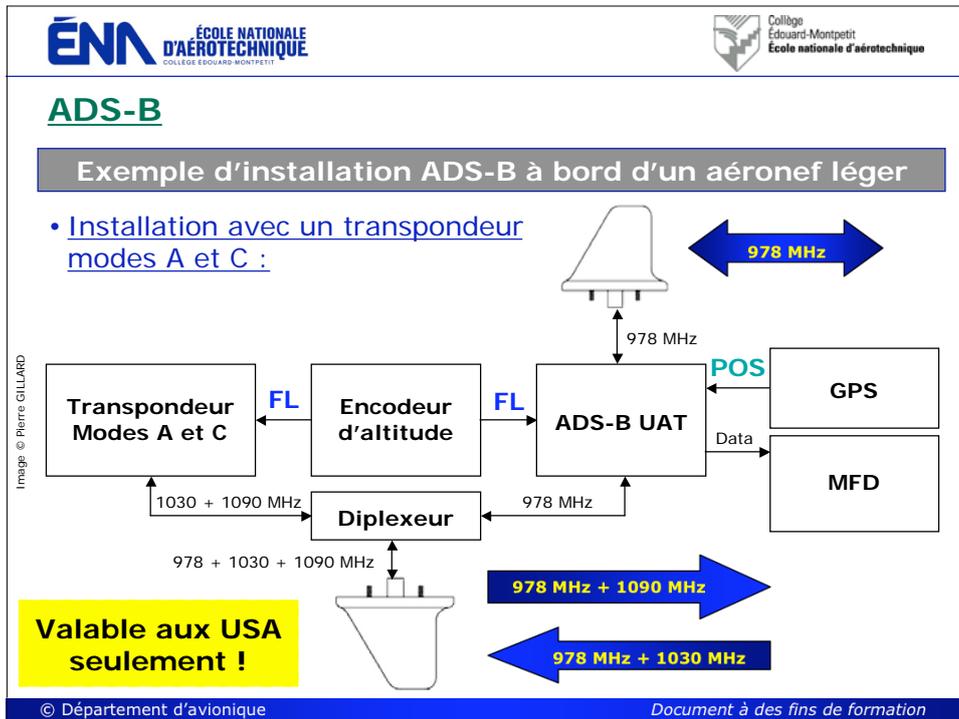
Power: 20 Watts
Voltage: 10-40 VDC
Input Current (typical): 1.5 A @ 14 VDC
750 mA @ 28 VDC

UAT performance

TSO Compliance: TSO-C154
Frequency: 978.00 MHz
TX Power: 40 W (-44 dBm nominal)
Data Rate: 1.04 Mbps
99% Power Bandwidth: 1.3 MHz

GPS/WAAS receiver performance

TSO Compliance: TSO-C155 (RTCA400-2/DO)
Number of Channels: 15 (12 GPS and 3 GPS/WAAS/SBAS)
Frequency: 1575.42 MHz L1, CIA code
Lat/Long Position Accuracy: 2 meter RMS typical with WAAS (horizontal/vertical)
Velocity: 1000 knots maximum (above 60,000 ft)
TTFF (Time to first fix): 1-45 min. typical with current almanac, position, and time
Reacquisition: 10 seconds typical
Position Update Interval: 0.2 sec (5 Hz)
Datum: WGS-84
SATCOM Compatibility: Compatible on aircraft equipped with SATCOM. Antenna Power Supply 25 mA typical, 40 mA max at 4.7 VDC.



ADS-B

L'ADS-B au Canada

- L'ADS-B au Canada est géré par [NAV Canada](#).
- Il est opérationnel depuis le 15 janvier 2009.
- Certaines régions dépourvues ou mal desservies en stations radar ATC sont, depuis, couvertes par l'ADS-B grâce à des stations au sol:



Image : NAV Canada

ADS-B

L'ADS-B au Canada

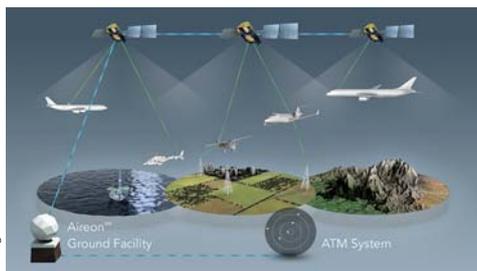


Image : Aireon

- Depuis mars 2019, les transpondeurs ADS-B d'[Aireon](#) installés à bord des satellites [Iridium Next](#) sont fonctionnels.
- [NAV Canada](#) est le principal partenaire d'Aireon qui souhaite offrir un service ADS-B mondial.
- De cette manière, il n'est plus nécessaire de disposer d'infrastructures au sol pour l'ADS-B (intéressant pour les zones océaniques ou désertiques où il est impossible ou très difficile d'implanter des stations au sol).

ADS-B

L'ADS-B au Canada

- Deux phases sont définies en ce qui concerne l'exigence d'équipement ADS-B Out 1090ES à bord des aéronefs :

- ✓ **Phase 1 - 25 février 2021 0901UTC** : espaces aériens des classes A et E au-dessus de FL600.
- ✓ **Phase 2 - 27 janvier 2022 0901UTC** : espaces aériens de classe B.

- Sous la pression des opérateurs se déclarant pas prêts à rencontrer ces échéances, les dates de mise en œuvre pourraient être reportées.
- Pour les espaces aériens de classes C, D et E, l'ADS-B Out ne sera pas requis avant le 1^{er} janvier 2023.

ADS-B

L'ADS-B au Canada

- En ce qui concerne l'équipement, les exigences du ADS-B peuvent se résumer comme suit :

- ✓ **Position de l'aéronef en vol** : information venant du GPS; des garanties quant à l'exactitude de la position sont à prévoir.
- ✓ **Altitude-pression** : information de l'encodeur d'altitude ou de la centrale anémo-barométrique.
- ✓ **Code 24 bits** : identification OACI de l'aéronef.
- ✓ **Indicatif de vol** : code de 4 à 7 caractères entrés par le pilote.
- ✓ **Intégrité du récepteur GPS** : valeurs déduites du RAIM.
- ✓ **Impulsion spéciale d'identification** : *SPI* « *Squawk Ident* ».
- ✓ **Drapeau d'urgence** : en cas de code 7500, 7600 ou 7700.

Circulaire d'information CI 700-009 de Transports Canada

ADS-B

Les dangers de l'ADS-B



Garmin

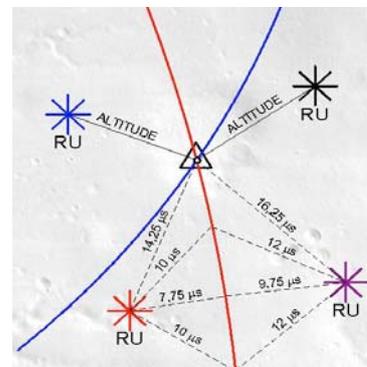
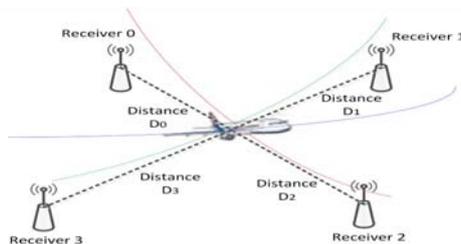


- Il est possible à très bas prix de se procurer ou même de se « bricoler » un récepteur avec décodeur ADS-B permettant de connaître la position exacte de tous les aéronefs dans une région bien définie.
- Certains systèmes permettent même de connecter un iPad pour visualiser le trafic aérien.
- Ceci permet d'imaginer de nombreuses « applications terroristes » !
- Les autorités nationales évaluent actuellement les risques potentiels et les moyens de les contrer.

Multilatération

- La multilatération ou « MLat » est un système de localisation d'aéronefs ou de véhicules équipés de transpondeurs.
- Le principe est basé sur la mesure de différences de temps entre des impulsions; il s'agit d'un système de localisation hyperbolique :

Images : NAV Canada

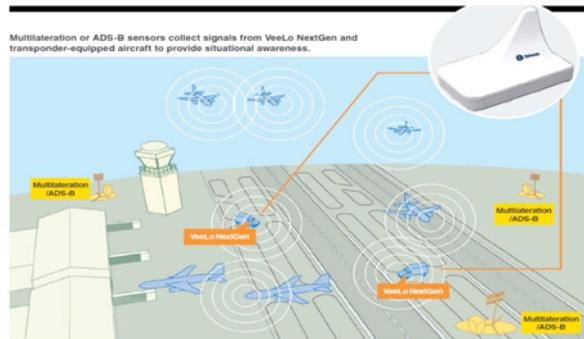


Multilatération

Applications

- Système de surveillance d'approches.
- Système de surveillance en route.
- Contrôle des mouvements au sol.

Exemple :
contrôle des mouvements au sol :



Multilatération

Applications

- Système de surveillance d'approches.
- Système de surveillance en route.
- Contrôle des mouvements au sol.

Exemple :
implantation des récepteurs MLat à Dorval (YUL) :



Multilatération

Applications

- Système de surveillance d'approches.
- Système de surveillance en route.
- Contrôle des mouvements au sol.

Exemple :
identification des aéronefs et des véhicules avec le système MLat à Dorval (YUL) :

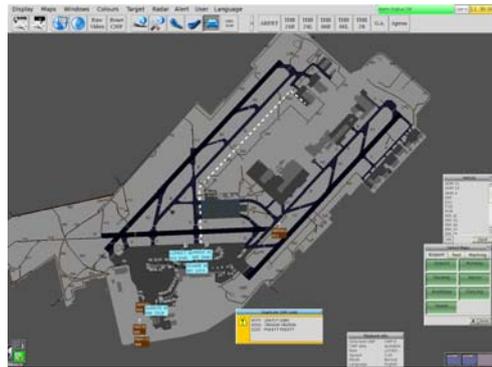


Image : NAV Canada

Conclusions



Photo © Pierre GILLARD/2010-15390

- Le transpondeur est un équipement capital en ce qui concerne la gestion du trafic aérien dans l'espace aérien contrôlé.
- Les transpondeurs ont évolué dans le temps afin d'être compatibles avec le système TCAS et d'alimenter en informations pertinentes le système ADS-B, permettant ainsi d'améliorer la prévention des abordages en vol.
- Le MLat est utilisé pour le contrôle au sol et est interopérable avec le transpondeur et l'ADS-B.
- Le transpondeur, le TCAS, l'ADS-B et le MLat sont conçus pour fonctionner ensemble et sont en constante évolution.



Merci de votre attention