

	AERO-CLUB DU CSE AIRBUS OPERATIONS TOULOUSE	 Comité Social et Économique Airbus Operations Toulouse
	CISOA-Commission Interne pour la Sécurité des Opérations Aériennes	
01/2013	Conseil Sécurité	Page 1/6

Rédacteur : Gaëtan Marion

Révisé le 08 décembre 2023 par J.Loury

Pour votre sécurité et celle des autres ... transpondez !

Un boîtier, un sélecteur de fonctionnement (OFF, SBY, GND, ON, ALT, TST), un voyant qui clignote, des touches IDENT et VFR, un sélecteur des valeurs 0 à 7 sur quatre chiffres, ... Mode A, Mode C alticodeur, Mode S, ADS-B Out, ACAS, TCAS ... en quelque sorte le jeu « des chiffres et des lettres » !

Non, vous l'avez reconnu, c'est le « transpondeur SSR », l'un des meilleurs alliés du commandant de bord et des contrôleurs pour la sécurité en vol.

Un transpondeur SSR, c'est quoi et à quoi ça sert ?

C'est, avec le radar¹ secondaire de surveillance ou *SSR (Secondary Surveillance Radar)*, un élément clé des systèmes de surveillance du trafic aérien mis en œuvre pour rendre les services de la circulation aérienne, services qui, entre autres, impliquent de détecter la présence d'aéronefs dans l'espace aérien, de les localiser et de les identifier³.

C'est aussi la pierre angulaire des systèmes embarqués d'évitement de collision (*Airborne Collision Avoidance System - ACAS*) ou d'affichage de la situation des aéronefs en vol (*Traffic Situation Awareness*). Ces systèmes permettent à un aéronef doté de l'équipement de bord adéquat (*TCAS, ECD*)⁴ de détecter dans son voisinage la présence d'autres aéronefs dont le transpondeur est actif et de générer des alertes⁵.

Le SSR trouve son origine dans le système IFF (Identification Friend or Foe) déployé par les Alliés pendant la Seconde Guerre Mondiale. Il permettait aux forces aériennes de distinguer les avions « amis » des avions « ennemis ».

De façon spontanée ou en réponse à une interrogation, le transpondeur SSR basique transmet un **identifiant** ainsi qu'une **information d'altitude**, deux éléments venant compléter l'**azimut** et la **distance** résultant des processus de détection, de goniométrie et de télémétrie. Ces éléments permettent d'établir la position de l'aéronef dans l'espace aérien.

Un transpondeur SSR sert à ce que votre avion soit détecté et localisé dans le plan horizontal et dans le plan vertical !

Document SERA complet REGLES DE L'AIR-SERVICES DE LA CIRCULATION AERIENNE PARTIE 13 : Transpondeur SSR

SERA.13001 Fonctionnement des transpondeurs SSR

- a) *Lorsqu'un aéronef est équipé d'un transpondeur SSR en état de marche, le pilote le fait fonctionner pendant toute la durée du vol, que l'aéronef se trouve ou non à l'intérieur d'un espace aérien où la SSR est utilisée à des fins d'ATS.*
- b) *Les pilotes n'activent la fonction IDENT qu'à la demande de l'ATS.*

¹ Radio Detection and Ranging : détection radio et télémétrie

³ Lorsqu'ils sont équipés d'un transpondeur et qu'il est activé, d'où l'expression « vous êtes identifié radar »

⁴ TCAS : Traffic alert and Collision Avoidance System – Equipement américain conforme à la norme ACAS

ECD : Electronic Conspicuity Device – unité de l'avionique permettant d'être visible des autres aéronefs et de les situer et de générer des alertes en cas de risque élevé de collision

⁵ La norme ACAS définit deux types d'alertes (ou d'avis) :

ACAS I : TA (Traffic Advisory) ou avis de trafic « tout niveau »

ACAS II : TA (Traffic Advisory) et RA (Resolution Advisory) ou avis de résolution dans le plan vertical uniquement.

ACAS III : TA (Traffic Advisory) et RA (Resolution Advisory) dans le plan vertical et le plan horizontal.

Conseil Sécurité 01/2013	AERO-CLUB DU CSE AIRBUS OPERATIONS TOULOUSE - CISOA	Page 2/6
	Pour votre sécurité et celles des autres ... transpondez !	

Mon transpondeur SSR est-il un type à la mode ?

Type A : l'ancêtre !

Les transpondeurs SSR de ce type, également dénommé **Mode A**, sont devenus rares car obsolètes !

Le Mode A ignore l'altitude. Seul un **code à 4 chiffres** est transmis en guise d'**identifiant** (le fameux « code transpondeur » ou « squawk code »). Sur l'affichage de la situation, le contrôleur verra ce code dans l'**étiquette** placée à côté de la **piste radar** de l'aéronef détecté, ce qui lui permet de l'identifier.

Type C : l'altitude en prime !

En addition de l'identifiant (code à 4 chiffres) ce type de transpondeur, également dénommé **Mode C** avec alticodeur ou A/C, transmet l'**altitude-pression**.

Tout comme l'identifiant, le contrôleur verra cette donnée dans l'étiquette exprimée en **Niveau de vol** (parfois en Altitude, l'affichage de la situation prenant en compte le QNH dit « régional »), **mais seulement si la fonction Report d'altitude est activée, c'est-à-dire avec le sélecteur d'état de fonctionnement du transpondeur SSR Type C sur « ALT ».**

Point d'attention : l'altitude-pression transmise est mesurée par une capsule anéroïde reliée au circuit anémo-barométrique et référencée à l'isobare 1013 hP et non au QNH. C'est pourquoi les transpondeurs SSR affichent en face avant un niveau de vol.

L'altitude-pression est de toute évidence une donnée précieuse pour le contrôleur mais également pour les aéronefs dotés d'un TCAS, sachant toutefois que cet équipement détecte uniquement la présence d'aéronefs équipés d'un transpondeur SSR de type C ou S et que celui-ci est en fonctionnement.

Aucun TCAS ne peut détecter la présence d'un aéronef sans transpondeur SSR ou avec un transpondeur SSR de type Mode A en fonctionnement ou avec un transpondeur en Standby (SBY) ou à l'arrêt (OFF) !

Cas particulier d'un transpondeur SSR en fonctionnement sur « ON »

Lorsque qu'un transpondeur SSR est sur « ON » la donnée « altitude-pression » n'est pas transmise : il devient un transpondeur de type A. Or un TCAS l'ayant détecté est incapable de générer des alertes pertinentes en l'absence de cette information dans le signal qu'il reçoit :

☞ **Il est essentiel de ne choisir le fonctionnement sur ON qu'à la demande exprès de l'organisme de contrôle et, sur un transpondeur SSR de type C, de systématiquement activer le report d'altitude (ALT).**

Type S : toujours plus sûr !

Ce type de transpondeur est le plus évolué car il est interrogé de façon sélective par le radar de surveillance. Cette façon d'interroger et de répondre est désignée Mode S (**S** pour **S**électif).

Le transpondeur Type S transmet le **squawk code**, l'**altitude-pression**, un **flight status** (on the ground / airborne) et le « **Call Sign** » [immatriculation de l'aéronef ou n° de vol] ; l'altitude est codée par incrément de 25 ft [au lieu de 100 ft pour un transpondeur de Type C] ; .

A retenir : le fonctionnement en Mode S permet une identification plus intuitive de l'aéronef par le contrôleur via son immatriculation et sa « corrélation » avec un Plan de vol.

En Mode S les interrogations et les réponses peuvent être non sélectives (All-Call) ou sélectives [ceci limite l'occupation de la bande de fréquence et donc permet de multiplier le nombre d'aéronefs pouvant être surveillés]. Le transpondeur bascule de l'état de fonctionnement GND à l'état ALT et vice versa lorsque l'aéronef est « au sol » ou « en l'air ». Ce basculement, automatique ou manuel, change le flight status transmis et la manière dont le transpondeur SSR répond aux interrogations, ce qui permet d'éviter que le TCAS d'un aéronef se trouvant à proximité et au sol génère des alertes inappropriées. Chaque avion de l'ACAT est équipé d'un transpondeur SSR de ce type.

Des données de « surveillance augmentée » (EHS : **EnHanced Surveillance**) peuvent être transmises par un transpondeur SSR de type S. On citera par exemple les paramètres de vol suivants : la vitesse air, l'altitude-consigne sélectionnée, le cap courant, l'angle de roulis, la position géographique, etc. Les EHS font partie des données ADS-B Out, ADS comme « Automatic Dependent Surveillance ».

Et la touche IDENT dans tout ça ?

Pressé à la demande exprès du contrôleur, IDENT (contraction de IDENTIFY) permet l'insertion d'un élément particulier dans les données transmises par le transpondeur que le SSR interprète pour déclencher un « affichage magnifié » de la piste radar et de l'étiquette de l'aéronef détecté.

Quels codes transpondeur doivent-êtré utilisés en VFR ?

Vous les connaissez par cœur bien sûr, mais un petit rappel avec des exemples de ce que peut voir le contrôleur sur l'écran d'affichage de la situation, ça ne peut pas nuire !

Code	Signification	Affichage de la situation		
7000	Vol VFR [code générique (i)]	7000 ou Call Sign (si type Mode S)		
7500	Intervention illicite (détournement)	HJCK*	En rouge et clignotant*	Tout mode
7600	Panne radio	RDOF*	En rouge et clignotant*	
7700	Détresse	EMRG*	En rouge et clignotant*	

*ou variante

(i) ou code assigné : lorsqu'un aéronef est équipé d'un transpondeur SSR de type S et vole en VFR sans Plan de vol, l'organisme de circulation aérienne avec qui il est en contact ne lui assigne pas systématiquement un code particulier, la piste radar de l'aéronef étant aisément repérée sur l'affichage de la situation grâce à l'immatriculation insérée dans l'étiquette.

☞ **Presser la touche VFR pour sélectionner le code 7000 ou revenir au code précédent !**

Conclusion

Quel que soit le vol entrepris (local, voyage, entraînement en tour de piste) et que vous soyez ou non en contact radio avec un organisme de la circulation aérienne :

- ☞ Ne quittez pas l'aire de trafic sans avoir au préalable vérifié que votre transpondeur SSR est actif et fonctionne en ALT [ou en GND s'il est de type S avec basculement automatique, sinon forcer cet état manuellement] et qu'il affiche :
 - le Code transpondeur générique ou assigné ;
 - l'Altitude-pression (la comparer à celle lue sur l'altimètre) ;
- ☞ Après le décollage, vérifiez que votre transpondeur SSR fonctionne en ALT (si de type S avec basculement manuel, forcer cet état avant de pénétrer sur la piste) ;
- ☞ A l'atterrissage après avoir dégagé la piste, s'il est de type Mode S vérifiez qu'il fonctionne en GND (sinon forcer cet état manuellement) ;
- ☞ Gardez votre transpondeur SSR actif en roulant jusqu'à l'aire de trafic.

Pour d'autres informations sur le sujet, tournez la page ou consultez le site web d'Eurocontrol, qui est une véritable mine d'information !

Notamment pour en savoir plus sur :

- ✓ le Mode S : <http://www.eurocontrol.int/articles/mode-s-operational-overview>
- ✓ la norme ACAS : <http://www.eurocontrol.int/dossiers/acas-ii>
- ✓ la surveillance : <http://www.eurocontrol.int/surveillance>

Lire également la synthèse ACAT « [Surveillance du trafic en Mode S et évitement de collision](#) » [Site web ACAT, onglet Documents, page Formation théo & prat / Supports de cours et docts complémentaires / Réglementation, altimétrie, circulation aérienne (colonne de droite : Documents complémentaires)].

Conseil Sécurité 01/2013	AERO-CLUB DU CSE AIRBUS OPERATIONS TOULOUSE - CISOA	Page 4/6
	Pour votre sécurité et celles des autres ... transpondez !	

Principe général du radar

Un radar classique (désigné radar primaire) rayonne une onde électromagnétique (longueur d'onde décimétrique pour les radars de surveillance du trafic aérien) à très haute puissance pendant de courtes impulsions émises régulièrement. Il détecte les échos renvoyés⁶ par les cibles se trouvant dans le lobe principal de son antenne, puis les localise, en « azimut » et en « distance » principalement⁷. Les échos détectés « apparaissent » alors sur l'écran du « radariste » sous la forme de « taches » qui deviendront par la suite des « pistes radar ».

Ce type de détection et de localisation ne requiert aucun équipement embarqué : il suffit que les cibles aient la propriété de bien réfléchir l'onde électromagnétique rayonnée par le radar. Ainsi tout élément physique qui renvoie un écho, reçu avec une énergie suffisante pour être détecté, apparaîtra à l'écran : par exemple, un avion au roulage ou en vol bien sûr, un ballon sonde équipé d'un réflecteur, un bâtiment, un pylône, des nuages denses et rapides, etc.

Principe du radar secondaire de surveillance

Bien que basé lui aussi sur le rayonnement d'une onde électromagnétique à haute puissance, un SSR fonctionne de façon légèrement différente : les impulsions de l'onde rayonnée par l'antenne sont émises selon une « suite codée et récurrente » faisant office de signal d'interrogation des transpondeurs SSR équipant les aéronefs.

Sur détection du rayonnement en provenance du SSR et après interprétation du signal d'interrogation, le transpondeur rayonne à son tour une onde électromagnétique, relativement puissante en comparaison de la puissance d'un écho primaire, pendant de courtes impulsions selon une « suite codée et récurrente » mais qui lui est propre (codage des données d'identification, de position verticale, etc.).

Point d'attention : l'émission d'un transpondeur est gourmande en énergie électrique !

Le SSR détecte ce rayonnement, établit l'azimut et la distance de l'aéronef et parallèlement extrait du signal reçu les données transmises par le transpondeur SSR et délivre le tout au système de surveillance.

Déploiement des radars sur le territoire

Les radars primaires de surveillance sont des équipements onéreux, notamment à cause des coûts de maintenance (antenne de grande dimension, émetteur puissant, récepteur devant être très sensible pour détecter les échos de très faible énergie car elle s'atténue beaucoup avec l'éloignement de la cible).

Très peu de radars primaires civils de surveillance sont déployés alors que les SSR sont plus nombreux et de divers types selon la portion de l'espace aérien qu'ils permettent de surveiller (en route, à l'approche, dans la circulation d'aérodrome, à la surface de l'aérodrome). Les radars ne sont pas obligatoirement implantés sur l'aérodrome ou à sa proximité immédiate, à l'exception du radar de surface, mais en des lieux généralement surélevés pour limiter les masques et les réflexions parasites et pour permettre de couvrir le territoire le plus complètement possible.

Partage des données

Les systèmes de surveillance du trafic aérien et des mouvements d'aéronefs au sol utilisent les données primaires et secondaires (Modes A, C et S) que leur délivrent les radars de surveillance. Ces données sont agrégées et traitées par le système, qui diffuse des informations sur les vols ainsi que des pistes radar fusionnées et, autant que possible, corrélées à ces informations.

⁶ Écho de peau

⁷ La localisation en « élévation » ou « site » est peu précise et n'est pas utilisée par le système de surveillance du trafic aérien

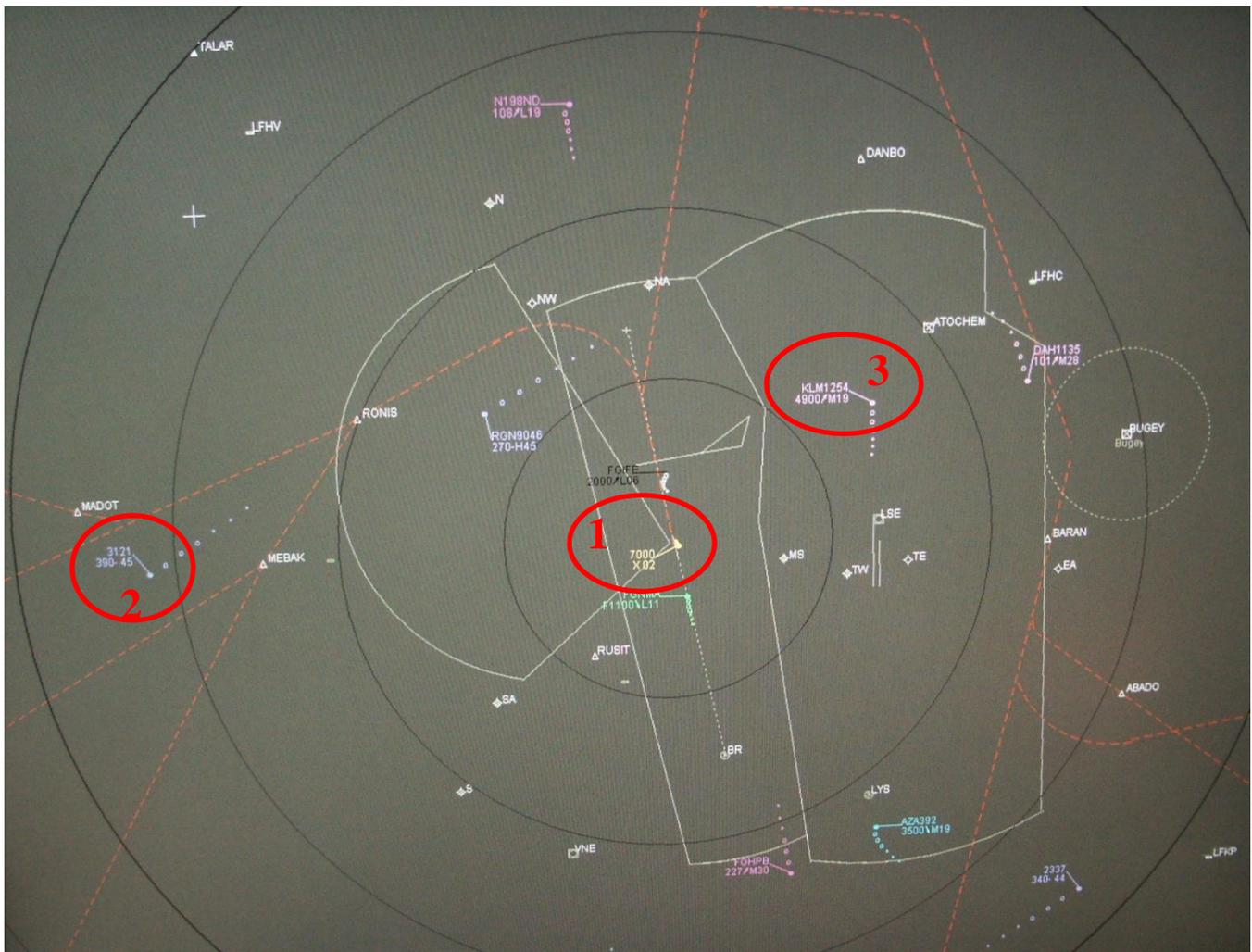
Le sous-système **IRMA** (Image Radar de Mouvements d'Aéronefs) permet de visualiser ces pistes radar et ces informations, sélectionnées selon les besoins des organismes.

La Tour de Contrôle de Toulouse-Lasbordes dispose d'un terminal IRMA : n'hésitez pas à y monter pour que le contrôleur vous montre les données qu'il utilise !

En résumé :

- Le radar primaire détecte et localise toute cible réfléchissant le rayonnement électromagnétique qu'il a émis et restitue des échos (taches) anonymes ;
- Le radar secondaire détecte et localise les aéronefs ayant un transpondeur SSR en fonctionnement, interroge ce transpondeur et extrait du signal reçu les données transmises ;
- Le système de surveillance traite ces données et génère un « affichage de la situation » où apparaissent les « pistes radar » et les « étiquettes ».

Ci-après un exemple d'affichage de la situation [au centre de l'écran : LYON-BRON (LFLY)]



La comète [série de pistes radar de la plus petite vers la plus grosse] matérialise l'historique de la trajectoire de l'aéronef et donne par conséquent une idée de sa vitesse et de sa direction.

<p>Aéronef 1 : 7000 X02 Mode A : Code transpondeur 7000, X = 02 : identifiant du radar qui détecte</p>	<p>Aéronef 2 : 3121 390 - 45 Mode C : se dirige au Sud-Ouest, Code transpondeur 3121, Altitude : FL390 stable (petite flèche horizontale) Vitesse sol : 450 kt</p>	<p>Aéronef 3 : KLM1254 4900/M19 Mode S : se dirige au Nord Call sign : Vol KLM 1254, Altitude : 4900 ft QNH en montée (petite flèche vers le haut), Turbulence de sillage : "Medium", Vitesse sol : 190 kt</p>
--	--	---

Pour votre sécurité et celles des autres ... transpondez !

Ci-après un exemple d'étiquette « PLAN DE VOL » (centre de contrôle régional)

