Direction générale de l'aviation civile
Direction de la sécurité de l'aviation civile
Mission Évaluation et Amélioration de la Sécurité

Mieux comprendre le TAWS et le MSAW

Préambule

Des initiatives ont été prises depuis de nombreuses années pour tenter de maîtriser le risque de CFIT et parmi toutes les initiatives, certaines ont visé à construire des barrières de récupération efficaces. Elles visent à fournir à l'équipage et au contrôleur des informations et des alertes portant sur les écarts de trajectoire et les rapprochements dangereux avec le terrain et les obstacles.

TAWS (Terrain Awarness and Warning System)

***(*ICAO Annex 6 – Exploitation aéronefs Partie I)**

(Référence de documentation Airbus : Getting to Grips with Surveillance - Issue 2)

Ces filets de sécurité comprennent notamment un système bord **TAWS** (Terrain Awareness and Warning System), ou historiquement GPWS (Ground Proximity Warning System), avertisseur de proximité du sol, obligatoire pour les avions de plus de 5,7 t ou 9 sièges passagers, dont la déclinaison industrielle améliorée la plus répandue est le **EGPWS**, système prédictif qui intègre une base de données relief.

Le nom générique du système qui remplit la fonction de sensibilisation à la proximité terrain est le TAWS qui avertit l'équipage de conduite d'une situation dangereuse devant l'aéronef afin d'éviter une collision avec le sol (CFIT).

Le TAWS élabore une information à partir de divers capteurs –essentiellement le radioaltimètre- et systèmes. À partir de ses bases de données et de ses algorithmes, il évalue la situation de l'avion par rapport au terrain environnant, déclenche des alertes et fournit des indications dans le cockpit lorsqu'un risque de CFIT est identifié. À partir d'une base de données de relief et d'obstacles, le TAWS affiche également le terrain et son environnement sur le Navigation Display en mode cartographique en 2D pour renforcer la conscience de la situation de l'équipage.

En outre, le terrain affiché sur le ND est basé sur une base de données à couverture mondiale définie selon un modèle terrestre standardisé : le Système Géodésique Mondial révisé en 1984 (WGS84).

Informations fournies par le TAWS (référence Skybrary aéro)

Les équipements TAWS sont classés en classe A ou B en fonction du degré de sophistication du système. Essentiellement, les systèmes de classe A sont requis pour tous les aéronefs de transport aérien commercial, tandis que les systèmes de classe B sont requis par les plus gros aéronefs de l'aviation générale et recommandés pour les petits aéronefs commerciaux.

L'équipement TAWS doit fournir les fonctions suivantes :

- Une fonction d'évitement du terrain par anticipation (FLTA). La fonction FLTA regarde devant l'aéronef dans l'axe et au-dessous de sa trajectoire de vol et fournit des alertes appropriées si une menace potentielle de CFIT existe.

- Une fonction d'alerte de descente prématurée (PDA). La fonction PDA du TAWS utilise les informations relatives à la position actuelle de l'aéronef et à sa trajectoire de vol, telles qu'elles sont déterminées par une source de navigation et une base de données appropriées, afin de déterminer si l'aéronef se trouve dangereusement au-dessous de la trajectoire d'approche normale de la piste la plus proche, telle que définie par l'algorithme d'alerte.

- Un signal discret visuel et sonore approprié pour les alertes de mise en garde et d'avertissement.

- L'équipement TAWS de classe A doit fournir des indications présentées sur un système d'affichage de contact imminent avec le sol dans les conditions suivantes :

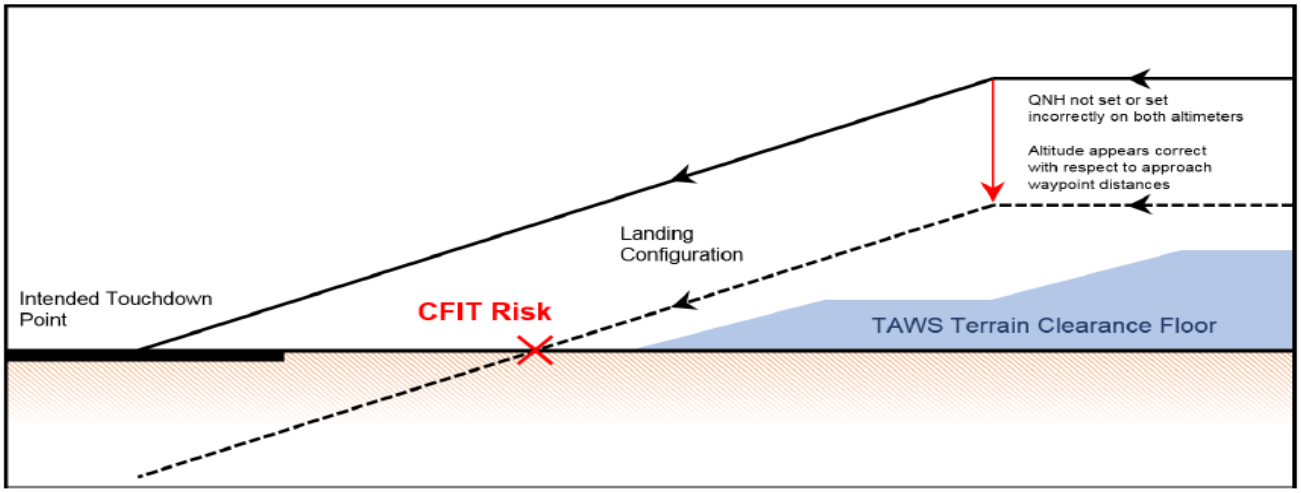
1. Taux de descente excessifs ;
2. Taux de rapprochement au terrain excessif ;
3. Vitesse verticale négative ou perte d'altitude après le décollage ;
4. Rapprochement vers le sol hors configuration d'atterrissage ;
5. Déviation excessive sous le plan d'approche aux instruments (e.g. ILS, GLS, LPV) ;
6. Annonce vocale "Five Hundred" lorsque l'avion se trouve à 500 pieds au-dessus du terrain ou de l'altitude de la piste la plus proche.

- L'équipement de classe B doit fournir des indications de contact imminent avec le sol pendant les opérations suivantes de l'aéronef :

1. Taux de descente excessif ;
2. Vitesse verticale négative ou perte d'altitude après le décollage ;
3. Une annonce vocale "Five Hundred" lorsque l'avion se trouve à 500 pieds au-dessus de l'altitude de la piste la plus proche.

Pour un opérateur, le bon niveau de performance de cet équipement repose en particulier sur d (liste non exhaustive) :

- Une mise à jour régulière de la base de données terrain du TAWS ;
- L'insertion de la position GPS dans l'architecture du TAWS ;
- L'activation des fonctions prédictives du TAWS ;
- Une formation appropriée et récurrente sur le TAWS pour les PNT ;
- Une bonne connaissance des opérations et limitations du TAWS et les manœuvres d'extractions associées.



Extrait de la Safety Notice N° SN-2023/003 (CAA UK)

Le déclenchement d'une alarme TAWS de haut niveau engendre la remise de gaz ou l'approche interrompue de la part de l'équipage.

Actions à promouvoir coté bord :

La formation des équipages de conduite comprend l'effet de la configuration (position du train, des volets, des becs...) de l'aéronef sur les alertes TAWS, la connaissance précise des alertes et les manœuvres d'urgence associées. Les pilotes doivent prendre conscience qu'une approche effectuée avec un mauvais calage altimétrique peut entraîner un CFIT sans avertissement préalable de proximité du sol du TAWS, dans certaines conditions de vol et configurations avion particulières (conjonction d'un scénario d'approche particulier et d'un standard de TAWS particulier). Le renforcement du risque de mauvais calage altimétrique dans les SOPs et l'utilisation d'outils d'anticipation de gestion du risque (TEM par exemple) sont à promouvoir.

https://www.ecologie.gouv.fr/info-securite-dgac

MSAW (Minimum Safety Altitude Warning)

Le MSAW est un système sol déclenchant une alerte dans le cas d'un rapprochement dangereux entre un aéronef et le sol.

Mais, contrairement à ce que pourrait suggérer le sigle MSAW (selon l'acronyme retenu par EUROCONTROL), le système MSAW exploité par la DSNA ne fonctionne pas par rapport aux altitudes minimales définies dans les procédures ou les altitudes minimales de guidage. C'est une fonction prédictive, qui utilise un relief modélisé, ainsi que des obstacles définis par-dessus ce relief pour anticiper les risques de collision avec le sol.

Concernant les données des vols (identification, position, niveau/altitude, vitesse sol, taux d'évolution verticale) le système MSAW s'appuie sur les mêmes données pistes de surveillance air que celles affichées sur l'écran du contrôleur :

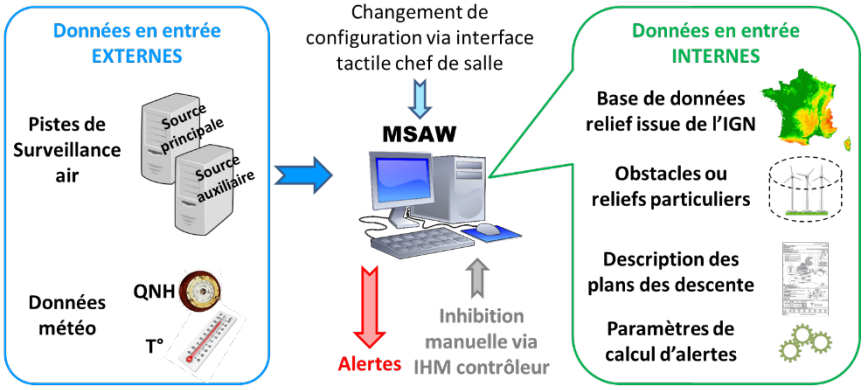


Figure 1 : Contexte de fonctionnement de MSAW

Aspects opérationnels liés à MSAW

Le déclenchement d'une alerte MSAW engendre une action obligatoire de la part du contrôleur.

Hors guidage radar, il appartient au pilote de déterminer l'action qu'il doit entreprendre et d'en informer, dès que possible, le contrôleur.

ACTIONS ATTENDUES	
CONTRÔLEUR	PILOTE
Si l'aéronef n'est pas en guidage, il avise immédiatement le pilote en utilisant l'expression *« alerte relief / terrain alert »*	Il collationne le message d'alerte de proximité du relief
Il fournit le QNH et s'assure du collationnement (référence UE 2017/373 ATS.TR.235 g)	Dès que possible, il informe le contrôleur de l'éventuelle manœuvre entreprise

HORS guidage ATS

Aviser immédiatement l'équipage qu'une alarme a été générée

EN guidage ATS

Donner l'instruction de monter immédiatement au niveau de sécurité applicable

et, si nécessaire et au-dessus de la MVA, *lui assigner un cap*

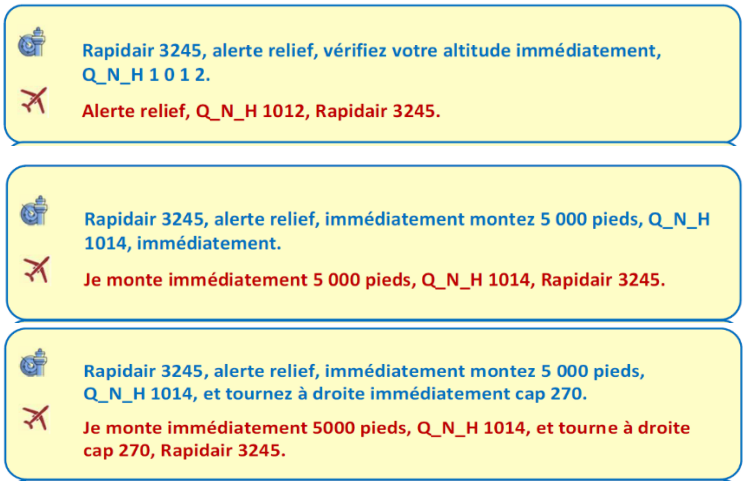


Figure 2: La phraséologie en cas d'alerte MSAW (selon le manuel de phraséologie à l'usage de la circulation aérienne générale, 10ème édition du 1 juillet 2023)

Le service d'alerte MSAW n'est pas rendu à tous car les vols évoluant à vue en sont exclus. Le fait que le service d'alerte MSAW soit rendu dans un espace donné est porté à la connaissance des pilotes par publication dans l'AIP, chapitre AD 1.0 « Équipement de surveillance trafic sur aérodromes », § 1.3 « Aérodromes ou portions d'espace aérien équipés MSAW ».

Pour chaque aérodrome mentionné, les espaces où le service est rendu et ceux où le service n'est pas rendu sont décrits dans le chapitre AD 2.23 « Renseignement supplémentaires ».

Principe de fonctionnement général

Le fonctionnement de MSAW est basé sur l'utilisation d'une double extrapolation de trajectoire pour prévenir d'un danger de collision avec le sol qui se situerait soit plutôt en dessous du vol, soit plutôt en face :

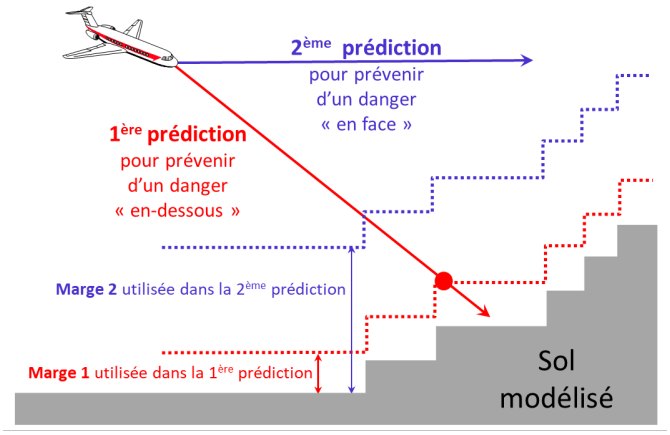


Figure 3: Principe de la double extrapolation dans le plan vertical

Dans le plan horizontal, la trajectoire est extrapolée linéairement grâce au vecteur vitesse de la position courante calculé par le système de surveillance air. Une légère incertitude de part et d'autre du vecteur vitesse est utilisée pour prendre en compte une possible variation de cap. La durée d'extrapolation, qui correspond à l'horizon de la prédiction, est de l'ordre d'une trentaine de secondes.

Une alerte est déclenchée si l'une des deux prédictions détecte un conflit, c'est-à-dire une intersection de la trajectoire prédite avec le sol modélisé, marges comprises, dans l'intervalle de temps [0 s ; Durée d'extrapolation].

Principe de fonctionnement en approche finale

En phase finale d'approche, un traitement spécifique est mis en œuvre afin d'inhiber les alertes qui surviendraient sur des vols se rapprochant normalement du sol pour atterrir.

Un plan de descente (PdD) est donc paramétré dans MSAW pour inhiber les alertes MSAW des vols qui se situent dans ses limites latérales et au-dessus, à condition que leur taux de descente ne soit pas trop élevé.

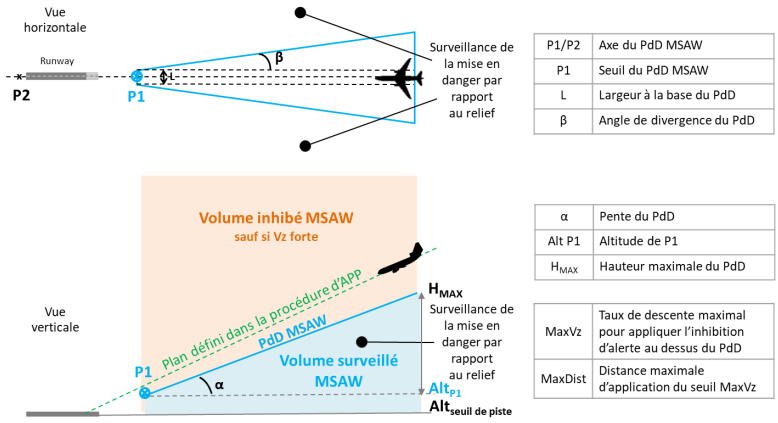


Figure 4 : Principe de la surveillance d'un plan de descente par MSAW

Le PdD sert à éviter des alertes nuisibles, il ne sert pas à vérifier la conformité de la trajectoire par rapport à sa procédure d'approche.

Un vol sous le PdD mais sans conflit détecté avec le sol modélisé ne donnera pas lieu à une alerte MSAW.

BETTER UNDERSTANDING OF THE TAWS AND MSAW

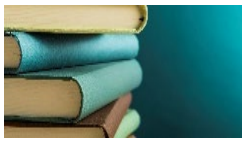
Preamble

Initiatives have been taken for many years to try to reduce the risk of CFIT and to build effective protective barriers. They aim to provide the crew and controller with information and alerts on trajectory deviations and losses of separation from terrain and obstacles.

TAWS: Terrain Awareness and Warning System

The carriage of TAWS is mandatory as per ICAO Annex 6 – Operation of Aircraft-Part I.

(***Airbus documentation reference: Getting to Grips with Surveillance - Issue 2***)



These safety nets include an on-board system TAWS (Terrain Awareness and Warning System), or historically GPWS (Ground Proximity Warning System), which is mandatory (but can be inoperative with restrictions) for aircraft over 5.7 t or 9 passenger seats, the most widespread improved industrial version of which is TAWS, a predictive system that incorporates a terrain database.

The generic name of the system that fulfils the Terrain Awareness function is Terrain Awareness and Warning System (TAWS) that alerts the flight crew in a timely manner of hazardous situation ahead of the aircraft to avoid Controlled Flight into Terrain (CFIT).

TAWS defines the aircraft's parameters from various sensors and systems. From its databases and algorithms, it assesses the aircraft's situation in relation to the surrounding terrain, triggers alerts and provides cockpit indications when a CFIT risk is identified. From the same database, TAWS also displays the terrain and its environment on the Navigation Display to raise crew awareness.

The distance to the terrain/obstacle is determined according to the topography recorded in the terrain/obstacle database (plains, hills, mountains). In addition, the terrain displayed on ND is made up from the terrain database. The terrain database has a worldwide coverage and is defined according to a standardized Earth model: the World Geodetic System revised in 1984 (WGS84).

Information provided by the TAWS (ref. Skybrary aero)

TAWS equipment is classified as Class A or Class B according to the degree of sophistication of the system. In essence, Class A systems are required for all but the smallest commercial air transport aircraft, while Class B systems are required by larger general aviation aircraft and recommended for smaller commercial or GA aircraft.

TAWS equipment must provide the following functions:

- A Forward-Looking Terrain Avoidance (FLTA) function. The FLTA function looks ahead of the aircraft along and below its lateral and vertical flight path and provides suitable alerts if a potential CFIT threat exists;
- A Premature Descent Alert (PDA) function. The DA function of the TAWS uses the aircraft's current position and flight path information as determined from a suitable navigation source and airport database to determine if the aircraft is hazardously below the normal (a typically 3 degree) approach path for the nearest runway as defined by the alerting algorithm;
- An appropriate visual and aural discrete signal for both caution and warning alerts;
- Class A TAWS equipment must provide terrain information to be presented on a display system;
- Class A TAWS equipment must provide indications of imminent contact with the ground for the following conditions:

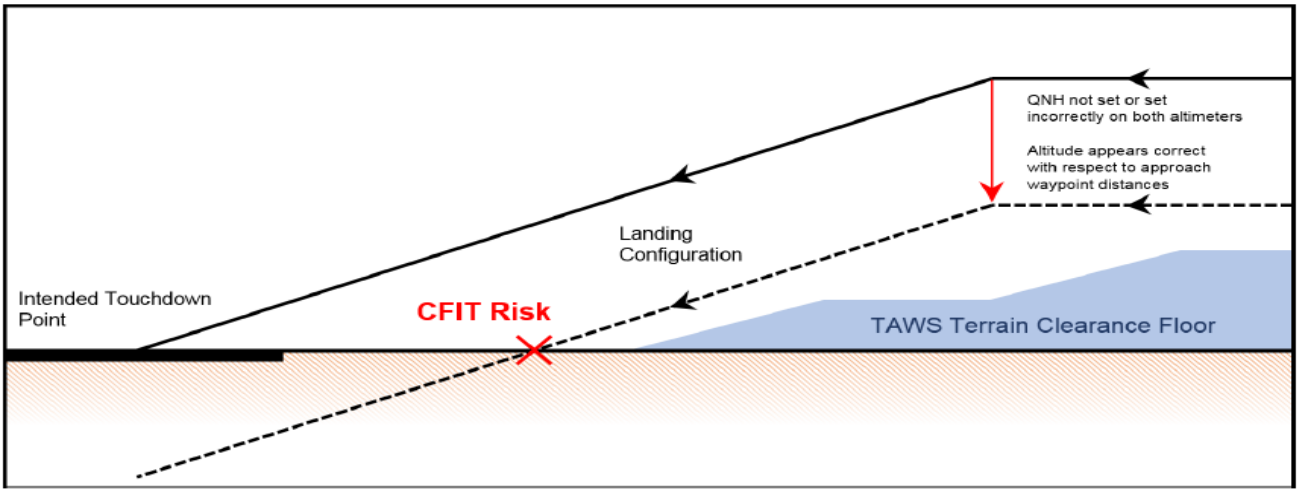
    1. Excessive Rates of Descent ;
    2. Excessive Closure Rate to Terrain;
    3. Negative Climb Rate or Altitude Loss After Take-off;
    4. Flight Into Terrain When Not in Landing Configuration;
    5. Excessive deviation from the instrument approach plan (e.g. ILS, GLS);
    6. Voice callout "Five Hundred" when the airplane descends to 500 feet above the terrain or nearest runway elevation.

- Class B equipment must provide indications of imminent contact with the ground during the following aircraft operations:

    1. Excessive Rates of Descent ;
    2. Negative Climb Rate or Altitude Loss After Take-off;
    3. A voice callout “Five Hundred” when the airplane descends to 500 feet above the nearest runway elevation.

For an operator, the main recommendations (but non exhaustive) are:

- A regular update of TAWS terrain database;
- The implementation of the GPS position into the TAWS architecture;
- The activation of predictive TAWS functions;
- An appropriate and recurrent training on TAWS;
- Good knowledge of TAWS operations and escape manoeuvres.



Reproduced from CAA Safety Notice N° SN-2023/003

The occurrence of a high-level TAWS alarm triggers a go-around or missed approach by the crew.

Actions to be promoted:

Flight crew training includes the effect of aircraft configuration (gear position, flaps, slats, etc.) on TAWS alerts, accurate knowledge of alerts and associated emergency manoeuvres. Pilots should be aware that an approach flown with an incorrect altimeter setting may result in a CFIT without prior TAWS ground proximity warning, under certain flight conditions and aircraft configurations (combination of a particular approach scenario and a particular TAWS standard). The reinforcement of the risk of altimeter mis-setting in SOPs and the use of risk management anticipation tools (e.g., TEM) should be promoted.

https://www.ecologie.gouv.fr/info-securite-dgac

MSAW (Minimum Safety Altitude Warning)

Or Minimum Safe Altitude Warning (according to the acronym used by EUROCONTROL).

Contrary to what this acronym might suggest, MSAW at DSNA does not operate in relation to minimum altitudes defined in procedures or minimum guidance altitudes. It is a predictive function, which uses modelled terrain and obstacles defined over that terrain to anticipate the risk of collision with the ground.

For flight data (identification, position, level/altitude, ground speed, vertical rate) the MSAW system relies on the same air surveillance data as that displayed on the controller's screen:

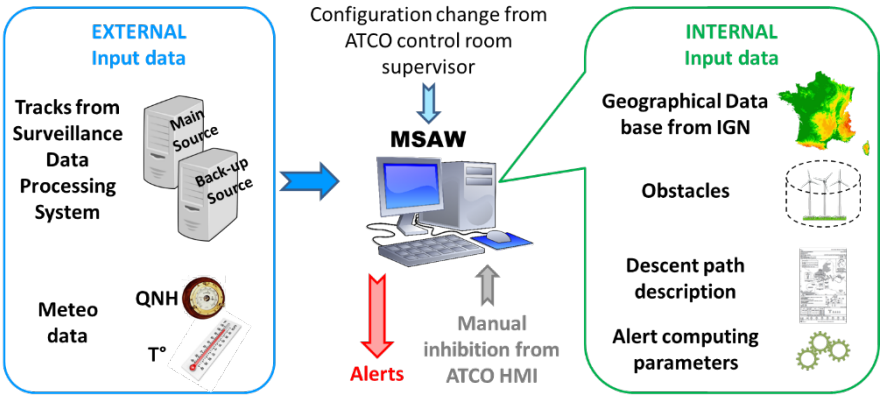


Figure 1: MSAW operating concept

Operational aspects related to MSAW

A MSAW alert leads to a mandatory reaction from the controller.

In the absence of radar vectors, it is the pilot's responsibility to determine the action to be taken and to inform the controller as soon as possible.

The phraseology to be used in the event of an MSAW alert is defined in the "Air Traffic Phraseology Manual":

Non vectored flight

Rapidair 3245, terrain alert, check your altitude immediately, Q_N_H 1012.

Terrain alert, Q_N_H 1012, Rapidair 3245.

Vectored flight

Rapidair 3245, terrain alert, immediately climb 5 000 feet, Q_N_H 1 0 1 4, immediately.

Climbing immediately 5 000 feet, Q_N_H 1014, Rapidair 3245.

and, if necessary

Rapidair 3245, terrain alert, immediately climb 5 000 feet, Q_N_H 1014, and turn right immediately heading 270.

Climbing immediately 5 000 feet, Q_N_H 1014, and turning right heading 270, Rapidair 3245.

Figure 2: Phraseology in the event of a MSAW alert (according to the Manual of Phraseology for General Air Traffic, 10th edition, 1 July 2023)

The MSAW alerting service is not provided to all because flights operating under visual flight rules are excluded.

The fact that MSAW alerting service is provided in a given area is made known to pilots by publication in the AIP, chapter AD 1.0 "Aerodrome Traffic Monitoring Equipment", § 1.3 "Aerodromes or parts of airspace equipped with MSAW".

For each aerodrome listed, the airspaces where the service is provided and those where the service is not provided are described in chapter AD 2.23 "Additional Information".

General operating principle

The operation of MSAW is based on the use of a double trajectory extrapolation to warn of a danger of collision with the ground which would be either below the flight or in front of it:

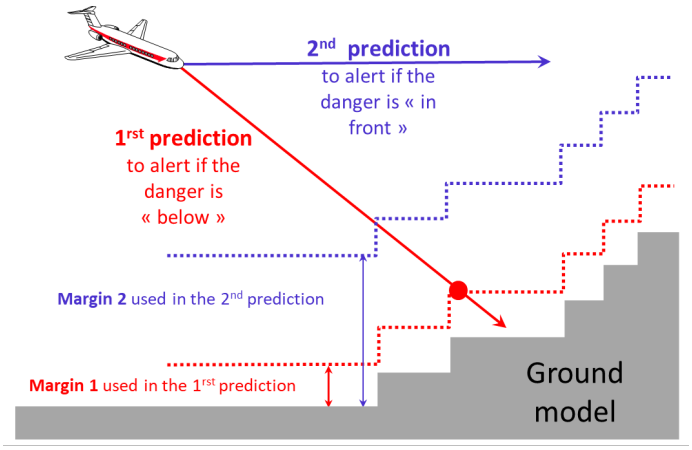


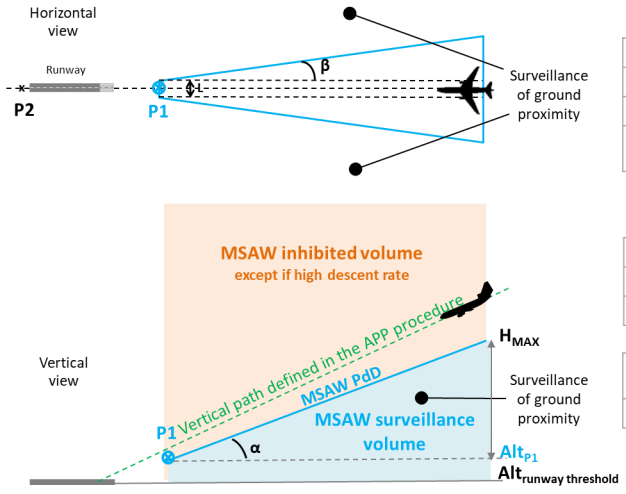
Figure 3: Principle of double extrapolation in the vertical axis

In the horizontal plane, the trajectory is linearly extrapolated using the velocity vector of the current position calculated by the air Surveillance Data Processing System. A light uncertainty on either side of the velocity vector is used to take into account a possible heading variation. The extrapolation time, which corresponds to the prediction horizon, is about thirty seconds. An alert is triggered if one of the two predictions detects a conflict, i.e. an intersection of the predicted trajectory with the ground model, including margins, within the time interval [0 s; Extrapolation time].

Principle of operation on final approach

In the final phase of the approach, specific processing is implemented to inhibit alerts that would occur on flights normally approaching the ground to land.

A descent path (PdD) is therefore set up in MSAW to inhibit MSAW alerts from flights within its lateral limits and above, provided that their rate of descent is not too high.



P1/P2	MSAW PdD axis
P1	MSAW PdD end
L	Width of the MSAW PdD
β	Diverging angle of the MSAW PdD

α	Slope of the MSAW PdD
Alt P1	P1 Altitude
H_{MAX}	Max height of the MSAW PdD

MaxVz	Max descent rate for alert inhibition above MSAW PdD
MaxDist	Max distance to apply MaxVz

Figure 4 : Principle of descent path monitoring with MSAW

The PdD is used to avoid nuisance alerts, it is not used to check the compliance of the trajectory with its approach procedure.

A flight below the PdD but with no detected conflict with the ground model will not result in an MSAW alert.