

# Les systèmes d'arrêt d'avions

## Applications militaires et civiles

La sortie de piste d'un Airbus A340 à Toronto en 2005, qui n'a heureusement fait aucune victime, a souligné les enjeux majeurs de sécurité lors de ce type d'accidents.

Si les erreurs de pilotage et les incidents mécaniques sont les deux principales causes conduisant à une sortie de piste, il n'en demeure pas moins que les conséquences pourraient être moindres si les avions étaient freinés, voire stoppés par un dispositif adapté dès le début de leur sortie.

Des systèmes existent depuis longtemps dans le domaine militaire pour les atterrissages sur les bases et les appontages sur les porte-avions. Dans le domaine civil, pour la protection des aéronefs sortant accidentellement de la piste, de nouveaux systèmes émergent tels que l'EMAS (*Engineered Material Arresting System*).

Cette note fait un point sur les technologies utilisées et les études en cours au service technique de l'Aviation civile.

### Buts et objectifs des systèmes d'arrêt

Les premiers systèmes d'arrêt furent utilisés dans le domaine militaire, notamment pour l'aéronavale, pour réduire sensiblement les distances nécessaires à l'atterrissage afin de permettre, par exemple, les appontages sur les porte-avions. La vitesse des avions doit, en même temps, être réduite progressivement pour éviter les dommages structurels et les lésions physiques aux pilotes.

Dans le domaine civil où les aéronefs disposent de longueur de piste suffisante pour se poser et réduire leur vitesse, l'objectif des systèmes d'arrêt est de stopper un aéronef sortant accidentellement de la piste sur une distance limitée, mais progressivement afin qu'il ne subisse pas de dommages structurels et de limiter les blessures sur les passagers et membres d'équipage. Les systèmes d'arrêt ne sont donc, dans ce cas, utilisés que pour des atterrissages d'urgence ou manqués ainsi que pour des accélérations-arrêt trop longues.

Les systèmes d'arrêt doivent donc trouver un compromis entre une distance d'arrêt la plus courte possible et une décélération la plus progressive possible.

### Historique des systèmes d'arrêt

**Début des années cinquante** : apparition des premiers systèmes d'arrêt à câble pour stopper les nouveaux aéronefs à réaction qui nécessitent des distances à l'atterrissage plus longues que celles disponibles sur les porte-avions.

**1967** : essais d'un système d'arrêt à filet pour des aéronefs civils avec une maquette grandeur nature d'un Boeing 707 propulsée par une catapulte de la FAA (*Federal Aviation Administration*) installée sur la base de Georgetown aux États-Unis.

**1968** : nouveaux essais d'un système d'arrêt pour des aéronefs civils sur l'aéroport de Toulouse-Blagnac avec une caravelle.

**1970** : essais sur la base d'Edwards aux États-Unis d'un filet spécifiquement développé pour le Concorde et des freins de type hydraulique avec un B52 de 137 tonnes lancé à 130 nœuds.

**Début des années soixante-dix** : développement d'absorbeurs d'énergie textiles afin de limiter les risques de collision avec les aéronefs sortant accidentellement de la piste sur les bases militaires.

**Début des années quatre-vingt-dix** : développement par le Service technique de l'aviation civile (ex Service technique des bases aériennes) d'un traitement spécifique des bandes de friction (bandes textiles qui se déroulent de l'absorbeur d'énergie lorsque l'avion est « engagé » dans le câble) permettant de quadrupler leur durée de vie (40 engagements au lieu de 10 en moyenne).

**Fin des années quatre-vingt-dix** : développement par la FAA et la société ESCO d'un nouveau système d'arrêt pour l'aviation civile, l'EMAS (*engineered material arresting system*), basé sur un lit de blocs en béton cellulaire friables qui s'écrase sous le poids et l'énergie cinétique du train d'atterrissage. Après de nombreux essais du service technique de la FAA, ce système est homologué pour les aérodromes des États-Unis. Il est déjà installé sur une quarantaine de plates-formes et a été sollicité pour trois engagements sur l'aéroport J-F. Kennedy.



## Présentation des systèmes d'arrêt

### Dans le domaine militaire

Deux grandes catégories de système d'arrêt sont utilisées par l'armée : les systèmes à câble (brins d'arrêt) et les systèmes à filet.

#### ✓ Systèmes à câble

Ils sont utilisés sur les bases de l'aéronavale et les porte-avions afin de réduire la distance nécessaire à l'atterrissage des avions. Leur fonctionnement consiste à ralentir puis stopper les aéronefs à l'aide d'un câble tendu perpendiculairement à l'axe de la piste, que l'avion entraîne grâce à une crosse située sous le fuselage. La tension du câble est progressive, pour que l'arrêt n'endommage pas l'appareil qui s'engage à des vitesses pouvant atteindre 150 nœuds et ne provoque pas de lésions aux occupants. Cette tension progressive est obtenue grâce à des absorbeurs d'énergie situés à chaque extrémité du câble.

#### ✓ Systèmes à filet

Ils sont plutôt utilisés en bout de piste des aérodromes de l'armée de l'air lorsque des avions effectuent un atterrissage trop long ou lorsqu'ils dépassent la piste. Ils sont engagés par les contrôleurs en cas de détresse d'un appareil qui vient alors s'enlancer dans le filet. Afin de rendre le choc moins brutal, des absorbeurs d'énergie du type de ceux des systèmes à câble sont également utilisés pour les filets. La différence est située au niveau des vitesses d'engagement qui sont d'environ 150 nœuds pour les câbles et 70 nœuds pour les filets.

### Les absorbeurs d'énergie

Afin de rendre la décélération des aéronefs progressive, il est nécessaire d'installer des absorbeurs d'énergie à chaque extrémité du câble ou du filet. Trois technologies ont été développées afin d'absorber l'énergie cinétique d'un avion entrant dans le système d'arrêt :

#### Les absorbeurs à friction

Ce sont les premiers absorbeurs d'énergie développés pour réduire les distances d'atterrissage des avions militaires. Conçus à la fin des années cinquante, ils utilisent le système de freinage des B52 de l'armée américaine pour augmenter la force de freinage tout en conservant une tension progressive (voir ci-contre). Les disques rotor-stator du bloc frein à friction ralentissent une paire de bandes en nylon reliées à un câble en travers de la piste. Très répandus au cours des années soixante sur les bases militaires américaines, ces absorbeurs d'énergie présentent l'avantage de pouvoir être réarmés rapidement après un atterrissage.

#### Les absorbeurs hydrauliques

Des absorbeurs de type hydraulique ont été développés pour les besoins des porte-avions qui permettent à la fois l'arrêt et le catapultage des avions. Ils utilisent le principe des vérins hydraulique avec un piston ralenti par de l'eau.

#### Les absorbeurs textiles

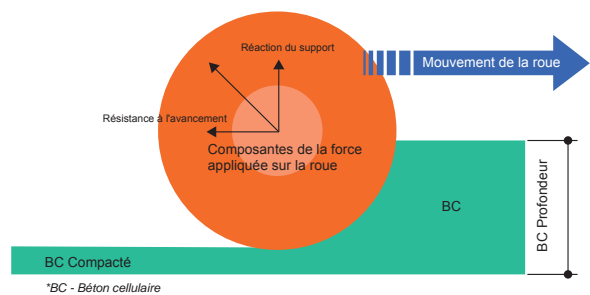
Développés à la fin des années soixante-dix, ces absorbeurs utilisent le simple fonctionnement d'un textile en nylon qui se déchire progressivement. La résistance obtenue lorsque les deux parties se détachent permet de ralentir puis de stopper l'avion, l'une étant reliée au sol et l'autre à un câble en travers de la piste. Ces systèmes ont l'avantage de ne pas présenter de danger lors d'une sortie latérale de piste.

### Dans le domaine civil

#### État des lieux

Les systèmes d'arrêt à filet utilisés par les bases militaires ont fait l'objet d'études et de tests pour une application civile. Ces études ont débuté dans les années soixante avec des essais commandés à la FAA par le STAC consistant à projeter une maquette de Boeing 707 dans un filet à différentes vitesses. Ces premières études ont été suivies par la mise au point d'un filet spécifique au Concorde et des essais d'engagement d'une Caravelle sur l'aéroport de Toulouse-Blagnac à 95 nœuds. Malgré des études concluantes du point de vue de la sécurité, ces systèmes n'ont pas fait l'objet d'un développement sur les aérodromes civils, pour des raisons principalement économiques liées à leur maintenance.





### Le lit d'arrêt EMAS

La taille des avions civils ayant fortement augmenté au cours des 30 dernières années, il a fallu rechercher des solutions innovantes permettant de freiner un avion. Ce besoin a été accentué après l'accident de Toronto.

Le FAA et la société ESCO ont développé conjointement un « lit d'arrêt » *Engineered Material Arresting System* (EMAS) en béton cellulaire permettant de ralentir un avion qui sortirait accidentellement en bout de piste en agissant sur son train d'atterrissage, l'EMASMAX.

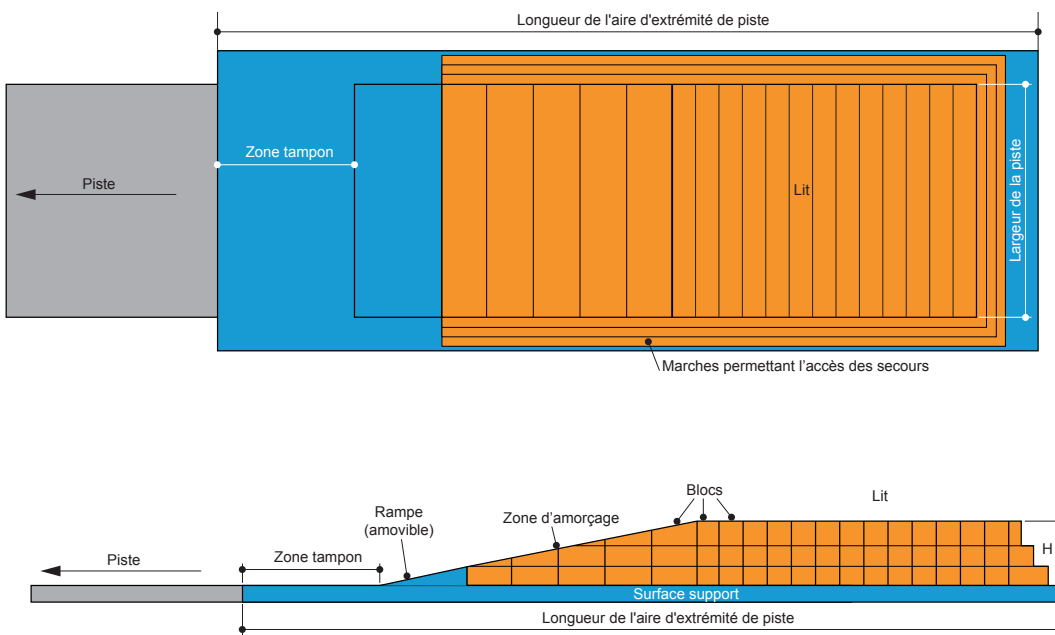
Le principal enjeu pour le dimensionnement de ce système est de ralentir l'avion sans briser son train d'atterrissage, ce qui provoquerait des dommages structurels importants.

### Composition de l'EMASMAX

L'EMASMAX est composé de blocs en béton cellulaire dont l'épaisseur et la longueur sont calculées selon un avion de référence propre à chaque plate-forme (avion dimensionnant). Ces blocs, assemblés en bout de piste, sont prévus pour s'écraser sous le poids d'un train d'atterrissage (train avant) et ainsi, absorber l'énergie cinétique (due à la vitesse) de l'avion qui aurait rencontré un problème technique (frein...), d'adhérence ou de pilotage lors de son atterrissage et sortirait en bout de piste.

### Fonctionnement de l'EMASMAX

Le ralentissement de l'avion est obtenu grâce à la résistance du béton cellulaire creusé par la (ou les) roue(s) du train avant. Cette résistance induit une force opposée au sens de déplacement de l'avion. Plus les roues s'enfoncent dans l'EMASMAX sous le poids de l'avion, plus cette force est importante. Cette résistance a l'avantage de ne pas dépendre (ou que très peu) des conditions météorologiques.



# Réglementation, Recherche & développement

## Avenir proche pour les systèmes d'arrêt

### Systèmes à câble ou à filets

Les systèmes à câbles sont voués à n'être utilisés que dans le domaine militaire car les avions doivent disposer d'un équipement adapté (crosse).

Les filets pourraient éventuellement être un moyen acceptable pour stopper les aéronefs civils, mais ils nécessitent de nouveaux développements dans le cas où une utilisation sur un aéroport civil serait souhaitée.

Les essais d'adaptation d'un système de filet d'arrêt réalisés en France n'ont pas été poursuivis et l'industrie ne dispose pas, à ce jour, de système à câble ou à filet pouvant être utilisé sur un aéroport civil.

La mise en place d'un tel système impose en outre de traiter les points de vigilance notés lors des essais : le caractère non frangible des absorbeurs d'énergie du filet ou du câble (qui doivent donc être enterrés) et les efforts importants imposés à la structure de l'aéronef et de sa cellule (nécessité de réaliser les calculs mécaniques pour les aéronefs concernés).

Ainsi, il apparaît peu probable de voir de tels systèmes pouvoir être utilisés sur les aéroports civils dans un avenir proche et des travaux de recherche importants seraient à engager au préalable.

### EMAS

L'OACI recommande que des aires de sécurité (RESA) soient installées en extrémité de piste. Ces aires pouvant s'étendre jusqu'à 300 mètres après l'extrémité de la piste (240 mètres depuis l'extrémité de la bande de piste), le respect de ces recommandations est parfois difficile et l'EMAS ne fait pas l'objet d'une réglementation internationale.

À travers la publication d'une circulaire de recommandations techniques (AC 150-5220-22a) pour le dimensionnement, l'installation et la maintenance d'un EMAS, la FAA recommande son installation sur les aéroports ne pouvant disposer d'une aire de sécurité (RESA) de 300 mètres de longueur après l'extrémité de piste. Il convient cependant de se rapprocher du constructeur qui dispose d'un logiciel homologué par la FAA permettant de dimensionner de manière précise le lit d'arrêt.

Vis-à-vis des normes et recommandations sur les installations aux abords des pistes, l'EMAS doit être conçu et installé de manière à ne pas constituer un obstacle pour les aéronefs à l'atterrissage. Si l'utilisation de tels systèmes devrait être autorisée par la prochaine version de l'Annexe 14, elle ne permettra toutefois pas de modifier les hypothèses de calcul des performances des avions sur les pistes ainsi équipées (ou : par rapport à une piste non équipée).

### Qualifier les EMAS

Le STAC travaille en outre sur les conditions permettant à un système de type EMAS d'être installé sur une piste dans le cas où une aire de sécurité d'extrémité de piste ne pourrait pas respecter les dimensions réglementaires. En effet, les EMAS sont désormais des candidats alternatifs crédibles pour les aires de sécurité d'extrémité de piste, mais il convient de les qualifier avant de les installer sur des aéroports.

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir

service technique de l'Aviation civile

31, avenue du Maréchal Leclerc  
94381 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX  
Tél. 33 (0) 1 49 56 80 00  
Fax 33 (0) 1 49 56 82 19

Site de Toulouse

9, avenue du Docteur Maurice Grynfolgel - BP 53735  
31037 TOULOUSE CEDEX  
Tél. 33 (0) 1 49 56 83 00  
Fax 33 (0) 1 49 56 83 02

Centre de test de Biscarrosse

Centre d'essais de lancement de missiles - BP 38  
40602 BISCARROSSE CEDEX  
Tél. 33 (0) 5 58 83 01 73  
Fax 33 (0) 5 58 78 02 02