



Généralités au sujet du système ILS

Avant de débuter le cours ...



Merci !

Présentation du cours



- Introduction.
- Approche et atterrissage.
- Principe du système ILS.
- Constitution du système ILS.
- Instruments de guidage du pilote.
- Procédure d'approche et d'atterrissage.
- Les catégories d'ILS.
- Fiabilité de l'ILS.
- Vérification et test du système ILS embarqué.
- Autres systèmes d'aide à l'atterrissage.
- Conclusions.

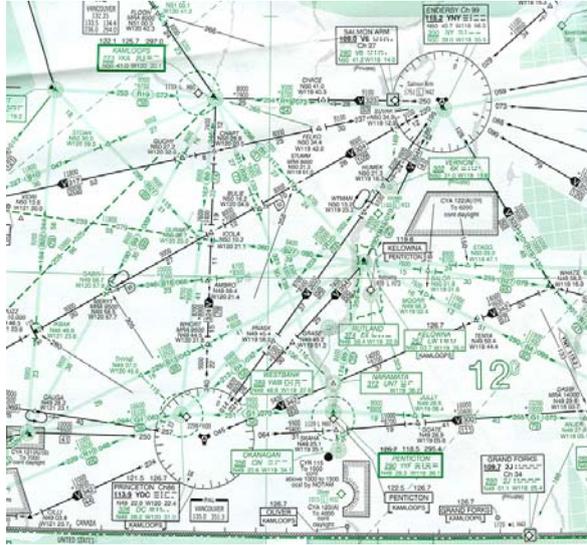
Approche et atterrissage



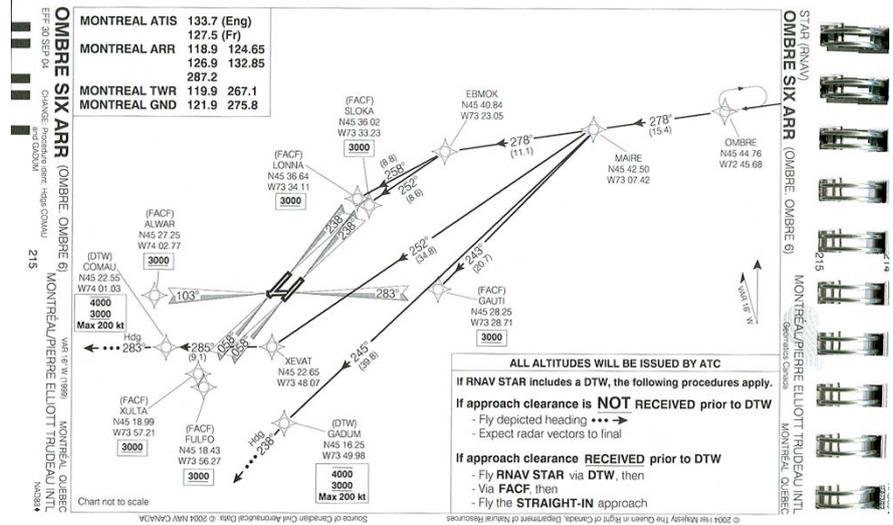
- Pour les avions IFR, l'approche s'effectuera avec l'ILS ou le MLS.
- ILS signifie « *Instrument Landing System* ».
- MLS signifie « *Microwave Landing System* ».
- Avant d'atteindre le point d'interception de l'ILS, l'avion sera guidé suivant un cheminement déterminé en prenant référence sur des balises au sol (ADF, DME, TACAN et VOR) ou des satellites (GPS/WAAS ou Galileo).

Approche et atterrissage

Carte « En Route Low Altitude »



Approche et atterrissage



« Canada Air Pilot » : carte d'approche IFR pour CYUL

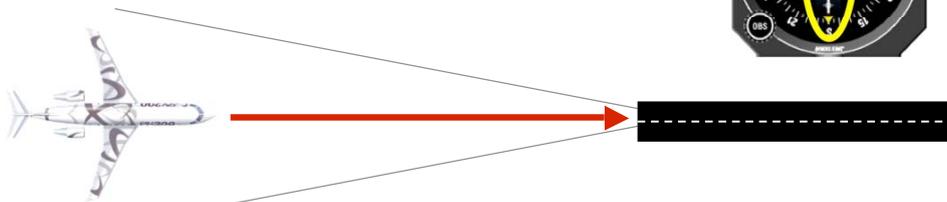
Principe du système ILS

- Le système ILS est composé de quatre éléments principaux :

- Le Localizer (LOC) permettant le centrage avec l'axe de la piste.
- Le Glideslope (GS) permettant de suivre le plan de descente.
- Les Marker Beacons ou radiobornes (MKR ou MB) permettant de déterminer une distance par rapport au seuil de piste.
- Les lumières d'approche et de piste.

Principe du système ILS

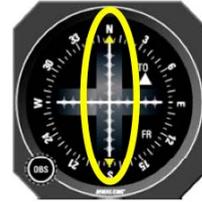
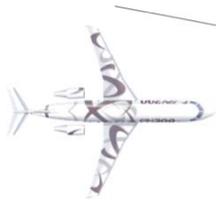
Le Localizer (LOC)



- Le Localizer indique au pilote la dérive par rapport au prolongement de l'axe de piste.
- L'aiguille verticale (CDB) de l'indicateur (CDI) indiquera la direction à prendre pour rejoindre le prolongement de l'axe de piste.
- Les fréquences s'étendent de 108.10 MHz à 111.95 MHz avec les dixièmes de MHz impairs.

Principe du système ILS

Le Localizer (LOC)

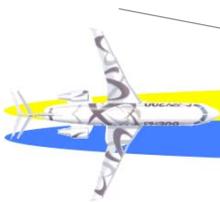


- Une fois la fréquence LOC syntonisée et vérifiée (signal audio), le pilote n'aura plus qu'à suivre son indicateur :



Principe du système ILS

Le Localizer (LOC)



90 Hz



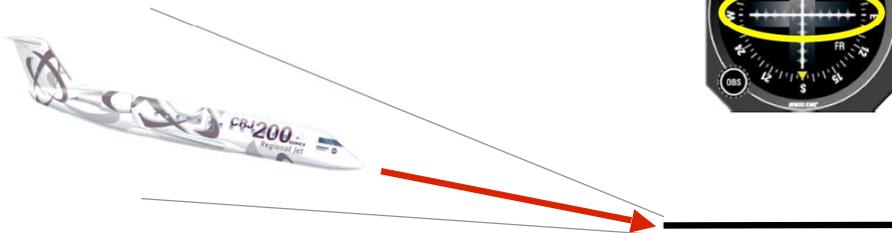
150 Hz

- Principe technique : émission de deux faisceaux, l'un à 90 Hz, l'autre à 150 Hz.
- Le récepteur mesure la différence de profondeur de modulation (DDM).



Principe du système ILS

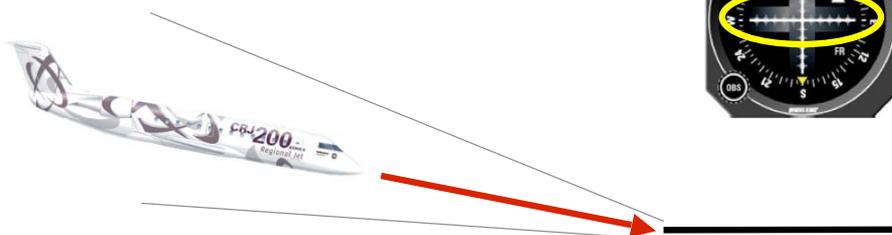
Le *Glideslope* (GS)



- Le *Glideslope* indique au pilote la dérive par rapport à la pente l'amenant à la piste.
- L'aiguille horizontale (HDB) de l'indicateur (CDI) indiquera la direction à prendre pour rejoindre la pente.
- Les fréquences s'étendent de 329.15 MHz à 335.00 MHz et sont couplées aux fréquences LOC.

Principe du système ILS

Le *Glideslope* (GS)

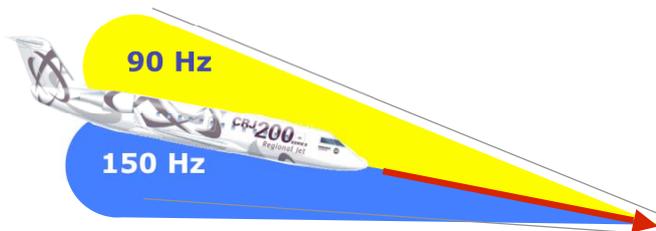


- Une fois la fréquence LOC syntonisée et vérifiée, le pilote n'aura plus qu'à suivre son indicateur :



Principe du système ILS

Le Glideslope (GS)

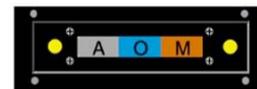
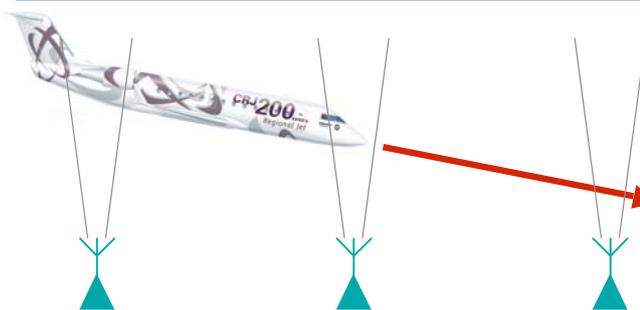


- Principe technique : émission de deux faisceaux, l'un à 90 Hz, l'autre à 150 Hz.
- Le récepteur mesure la différence de profondeur de modulation (DDM) entre le 90 Hz et le 150 Hz.



Principe du système ILS

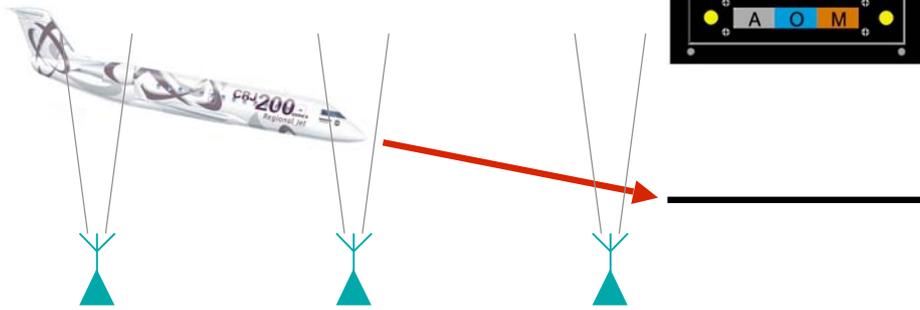
Les Marker Beacons (MKR)



- Les *Markers Beacons* (MKR ou MB) ou radiobornes sont situées à des distances bien précises du seuil de piste.
- Les radiobornes allument un témoin et génèrent une tonalité audio distincte lorsque l'avion passe dans le faisceau d'une balise.

Principe du système ILS

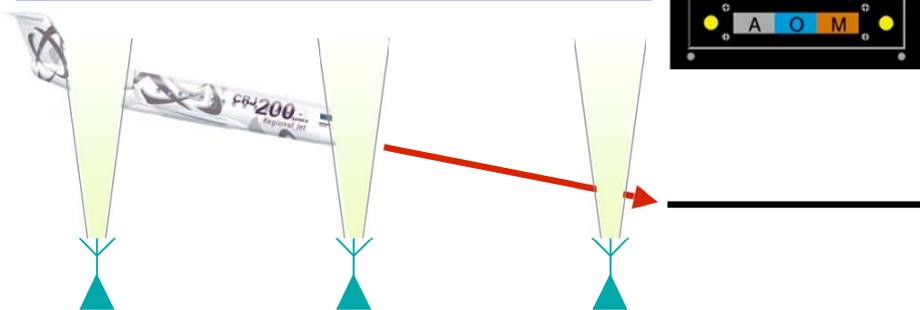
Les Marker Beacons (MKR)



- La fréquence de toutes les balises est de 75 MHz.
- Chacune est modulée par un signal audio différent.

Principe du système ILS

Les Marker Beacons (MKR)



OM	-----	Bleu	400 Hz	4 à 7 NM, point d'interception GS à l'altitude publiée.
MM	-----	Ambre	1300 Hz	3500 ft, DH d'environ 200 ft (CAT I)
IM	-----	Blanc	3000 Hz	1000 ft, DH d'environ 100 ft (CAT II)
BC	-----	Blanc		

Constitution du système ILS

Fréquences utilisées

- Le système LOC utilise 40 canaux entre 108.10 MHz et 111.95 MHz.
- L'espace entre les canaux est de 50 KHz.
- Les 40 canaux sont répartis de la manière ci-contre :

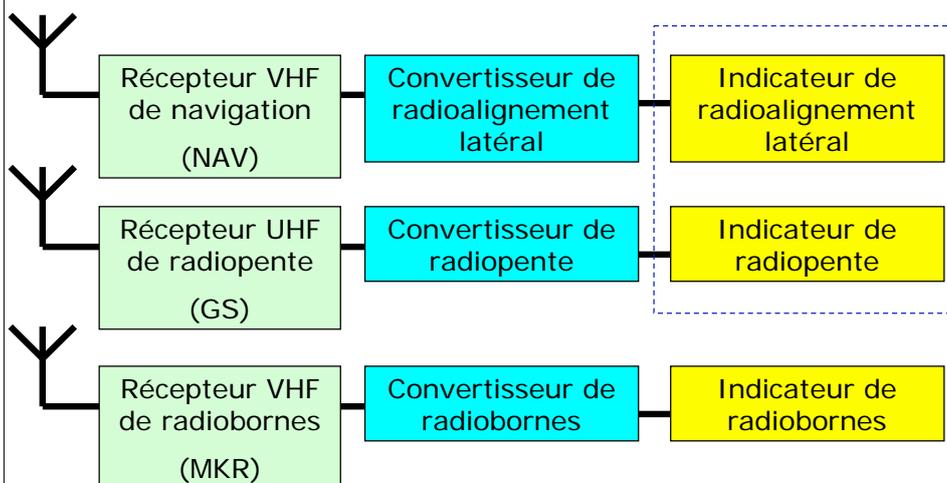
De 108.10 MHz à 111.95 MHz, les canaux LOC occupent les fréquences au dixième de mégahertz impair.

La fréquence UHF du GS (329.15 MHz à 335.00 MHz) est sélectionnée de manière interne dans le récepteur.

108.00 MHz canal VOR
 108.05 MHz canal VOR
 108.10 MHz canal LOC
 108.15 MHz canal LOC
 108.20 MHz canal VOR
 108.25 MHz canal VOR
 108.30 MHz canal LOC
 ...
 111.95 MHz canal LOC
 112.00 MHz canal VOR
 112.05 MHz canal VOR
 112.10 MHz canal VOR
 112.15 MHz canal VOR
 ...
 117.95 MHz canal VOR

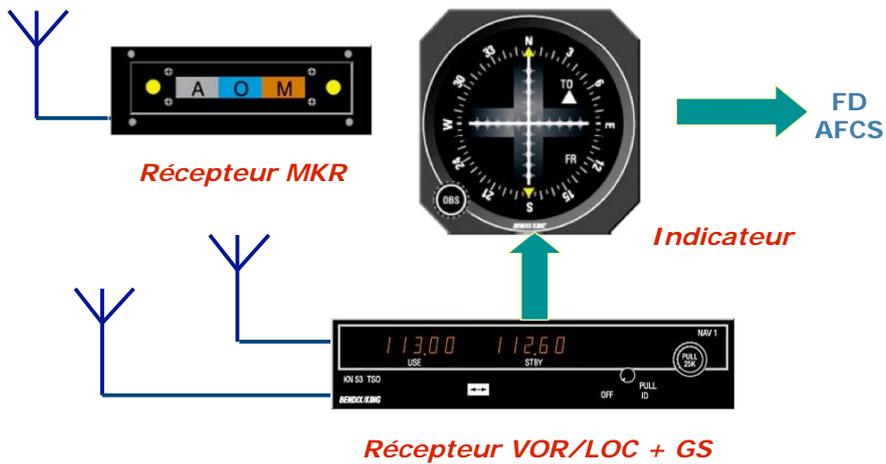
Constitution du système ILS

Structure du système ILS embarqué



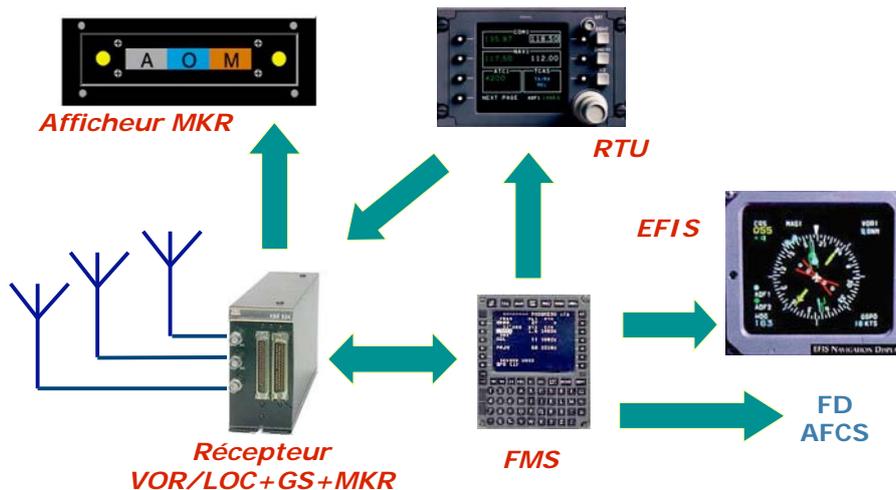
Constitution du système ILS

ILS à bord d'un avion ou hélicoptère léger



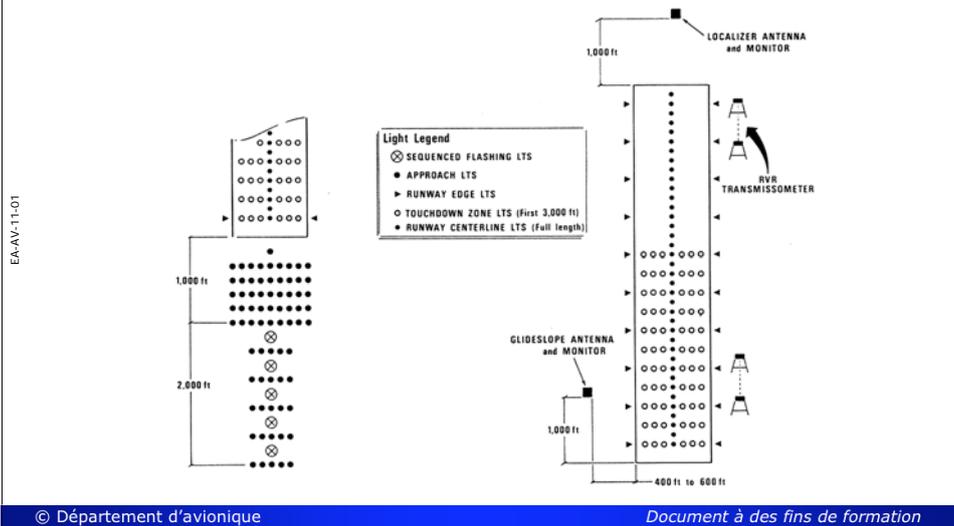
Constitution du système ILS

ILS à bord d'un avion de transport commercial



Constitution du système ILS

Installations au sol



Instruments de guidage du pilote

- Pour guider le pilote lors d'une approche ILS, plusieurs systèmes existent :
 - Indicateur VOR-ILS.
 - HSI ou mode HSI sur le *Navigation Display* ou le *Multi Function Display*.
 - Barres du directeur de vol (« *Flight Director* ») si le mode ILS est actif sur l'ADI ou le *Primary Flight Display*.
 - Barres du directeur de vol (« *Flight Director* ») sur le HUD (« *Head-Up Display System* ») du HGS (« *Head-Up Guidance System* »).

Instruments de guidage du pilote

- Pour guider le pilote lors d'une approche ILS, plusieurs systèmes existent :



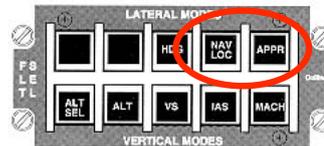
Indicateur VOR-ILS



HSI

Instruments de guidage du pilote

- Pour guider le pilote lors d'une approche ILS, plusieurs systèmes existent :



**FD en mode
« LOC + APPR »**

Instruments de guidage du pilote

- Pour guider le pilote lors d'une approche ILS, plusieurs systèmes existent :



**HUD
du HGS**

Instruments de guidage du pilote

- Pour guider le pilote lors d'une approche ILS, plusieurs systèmes existent :

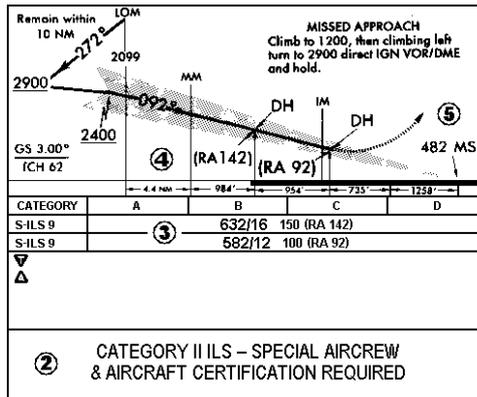


**HUD
du HGS**

Procédure d'approche et d'atterrissage

Définitions

- Altitude de décision (DH) : hauteur par rapport au sol à laquelle, en l'absence de contact visuel avec la piste, le pilote devra effectuer une remise de gaz (« Go Around »).



ILS RWY 9 (CAT II) ①

Procédure d'approche et d'atterrissage

Définitions

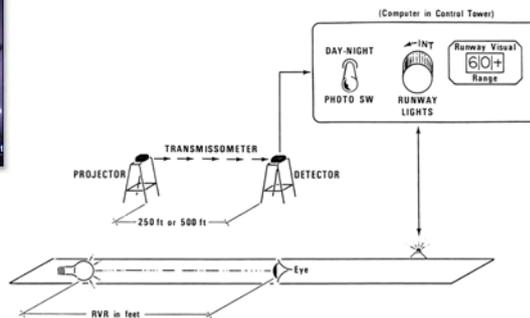
- RVR-« Runway Visual Range » :
 - Lorsque la visibilité est inférieure à 4500 ft (1500 m), un observateur ira déterminer la RVR d'une piste en particulier.
 - Il comptera le nombre de lampes de bord de piste visibles et traduira le résultat obtenu en distance.
 - Plusieurs relevés peuvent être effectués le long de la piste et communiqués aux pilotes.



Procédure d'approche et d'atterrissage

Définitions

- RVR-« Runway Visual Range » :
- Actuellement, les systèmes de mesure sont automatisés.

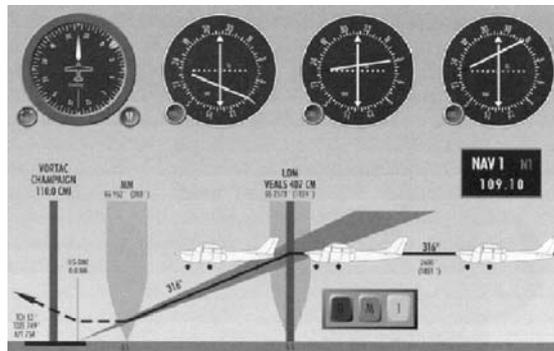


EA-AV-11-2

Procédure d'approche et d'atterrissage

Étapes d'une approche ILS

- Navigation aux instruments en vue d'atteindre le point d'interception de l'ILS.
- Interception du Localizer.
- Interception du Glideslope.
- Vérification de la position avec les Markers Beacons ou avec le DME.
- Altitude de décision (DH radioaltimètre).
- Atterrissage ou remise de gaz.



Procédure d'approche et d'atterrissage

Étapes d'une approche ILS

- En cas de remise de gaz, on effectue un éloignement selon la prolongation de l'axe de piste avant de reprendre la navigation en vue d'une nouvelle approche ou d'une diversion.



- Dans le cas d'une telle procédure en éloignement, le pilote doit corriger sa trajectoire selon les indications du Localizer.
- Le Glideslope est non fonctionnel.

Procédure d'approche et d'atterrissage

Autres systèmes utilisés avec l'ILS

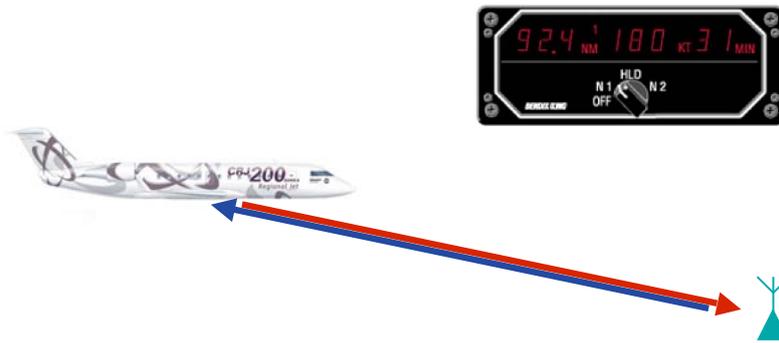
- Radioaltimètre :



Procédure d'approche et d'atterrissage

Autres systèmes utilisés avec l'ILS

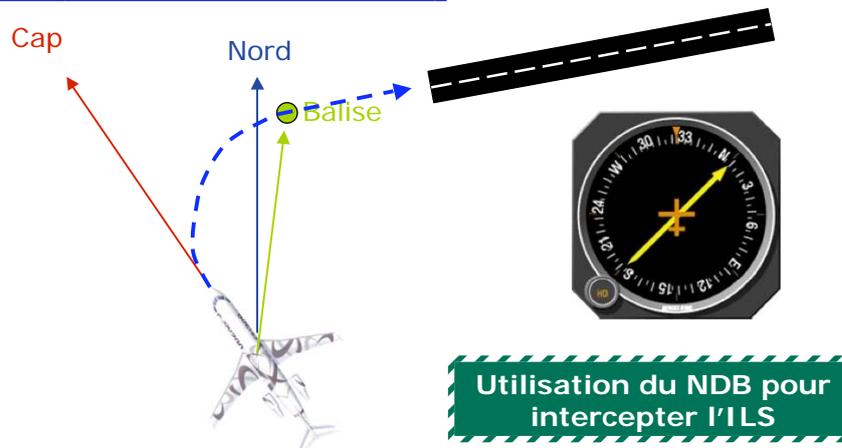
- DME-Distance Measurement Equipment :



Procédure d'approche et d'atterrissage

Autres systèmes utilisés avec l'ILS

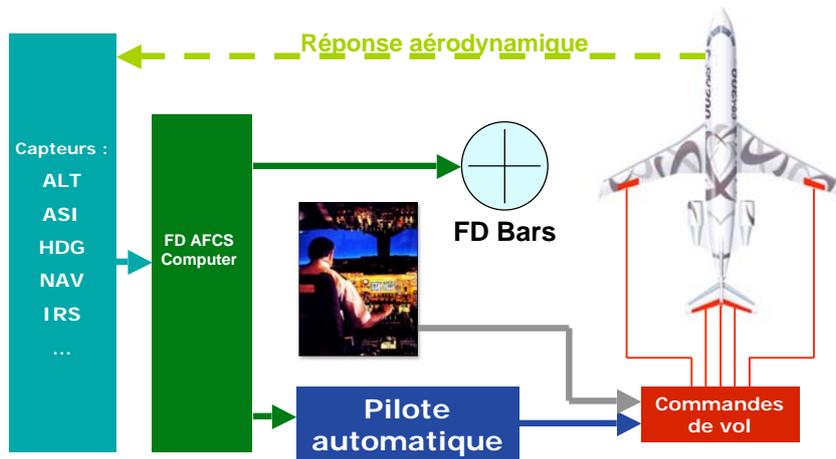
- ADF-Automatic Direction Finder :



Procédure d'approche et d'atterrissage

Autres systèmes utilisés avec l'ILS

- Le directeur de vol (FD) et le pilote automatique (AFCS) :



Les catégories d'ILS

- Il existe plusieurs catégories d'ILS classés suivant les conditions minimales d'atterrissage :

	DH	RVR	Remarques
CAT I	200 ft	2400 ft	Avec éclairage de la zone de toucher et de la ligne centrale de piste.
		1800 ft	
CAT II	100 ft	1200 ft	
CAT IIIa	< 100 ft	700 ft	
CAT IIIb	< 50 ft	150 ft ≤ RVR < 700 ft	
CAT IIIc	Pas de DH	Pas de RVR	

Les catégories d'ILS

- Seuls quelques grands aéroports sont certifiés CAT III.
- La majorité des aéroports internationaux disposent d'ILS CAT II.
- Sur un aéroport comportant plusieurs pistes, souvent une seule piste ou quelques unes sont équipées d'ILS CAT II ou CAT III.

CYUL – Montréal Dorval			
<u>Piste :</u>	<u>ILS :</u>	<u>Piste :</u>	<u>ILS :</u>
06 L	CAT II	24 R	CAT I
06 R	CAT I	24 L	CAT I
10	CAT I	28	-

Les catégories d'ILS

- Les critères de calibrage des installations ILS sont très stricts, les tolérances se réduisant avec la catégorie.
- La certification et la calibration des équipements ILS sur l'aéronef requiert des compétences liées à chaque catégorie.
- Pour être certifié en CAT II ou CAT III, il est nécessaire :
 - De disposer des équipements nécessaires, ayant la précision requise et calibrés.
 - De disposer du personnel qualifié.
 - De pouvoir effectuer des tests en vol.
- De plus, il est nécessaire d'avoir les compétences et les qualifications pour les systèmes connexes :
 - Pilote automatique et directeurs de vol.
 - Radioaltimètre.

La fiabilité de l'ILS



- Le *Glideslope* est probablement le composant le plus critique de l'ILS.
- Il existe plusieurs cas d'accidents et d'incidents liés au *Glideslope*.

La fiabilité de l'ILS



- Il est important pour le pilote de vérifier l'état des flags (drapeaux).
- Ceux-ci vont indiquer une éventuelle défectuosité du Localizer ou du *Glideslope*.
- Même si les *flags* sont cachés, il faut demeurer vigilant.
- Il faut valider les informations de l'ILS avec d'autres équipements (DME et altimètre, notamment).

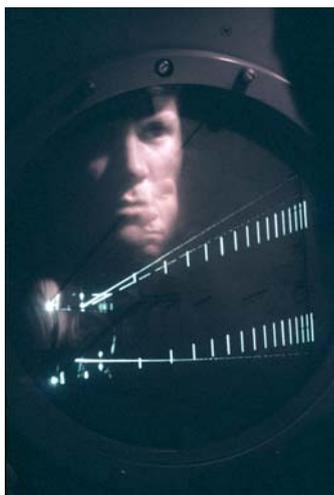
Vérification et test du système ILS embarqué

- Le système ILS sera testé, en général, à l'aide des mêmes équipements que ceux requis pour le VOR.
- Il existe des appareils de test pour effectuer les vérifications sur l'aéronef (Ramp Test) et il en existe d'autres pour faire les tests en laboratoire (Bench Test).



Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

GCA et Precision Approach Radar



- Le système GCA est basé sur le principe du guidage par deux faisceaux d'un radar d'approche de précision.
- C'est un contrôleur qui guide le pilote en fonction des écarts constatés sur son écran.
- Il s'agit d'un système militaire.

Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

Le système MLS (Microwave Landing System)

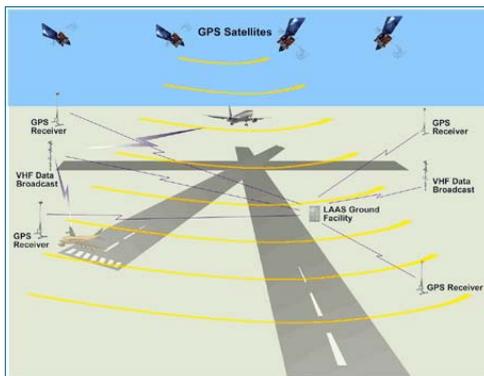


NASA

- Le MLS est un système radar fixe à réseau de phase.
- Il fonctionne sur 200 canaux répartis entre 5031 MHz et 5091 MHz.
- Sa conception initiale remonte à la fin des années septante.
- Il est plus performant, plus fiable, plus précis, moins encombrant et plus facile à mettre en oeuvre que l'ILS.
- Pourtant, il n'a pas remplacé l'ILS ...

Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

Les systèmes de guidage par satellites



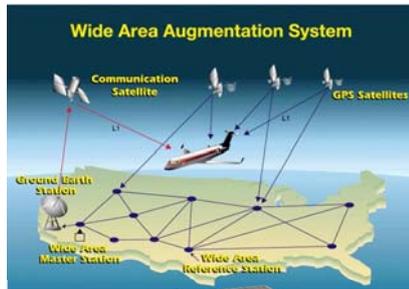
FAA

- Le système GPS est devenu le système de navigation par satellites par excellence.
- Toutefois, utilisé seul, sa précision n'est pas suffisante pour effectuer des atterrissages de précision.
- Le LAAS-Local Area Augmentation System a été développé pour pouvoir effectuer des atterrissages à l'aide d'un GPS différentiel.

- Ce système est, toutefois, très onéreux à mettre en oeuvre et semble abandonné.

Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

Les systèmes de guidage par satellites



FAA

CMC-Esterline



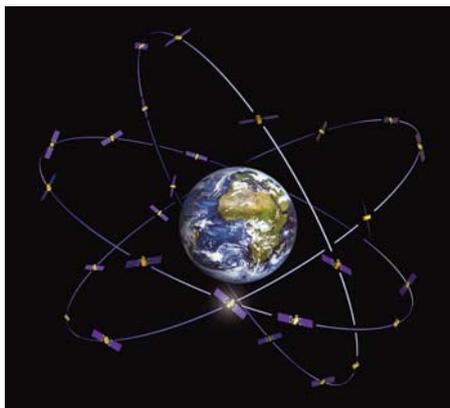
- Par contre, le système WAAS- Wide Area Augmentation System est fonctionnel et permet d'effectuer des approches de précision en conjonction avec le GPS.
- Le principe consiste à mesurer les erreurs du GPS pour une région donnée et à envoyer des signaux de correction via le système WAAS.
- Le WAAS est géré par la FAA.
- Les deux satellites géostationnaires du WAAS sont Galaxy 15 et Anik F1R.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

Les systèmes de guidage par satellites



ESA

- Le système européen Galileo devrait, à terme, devenir l'alternative à beaucoup de systèmes de navigation, dont l'ILS.
- La précision prévue permettrait d'effectuer des atterrissages CAT IIIc.
- L'avantage principal de Galileo est qu'il s'agit d'un système entièrement civil.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Conclusions



- Le système ILS demeurera encore en usage probablement au cours des 20 prochaines années au moins.
- Le système MLS (*Microwave Landing System*) ne s'est pas imposé comme successeur de l'ILS bien que plus performant.
- Les techniciens en avionique doivent être très rigoureux lors des tests des équipements ILS, car ils jouent avec la vie de milliers de personnes.
- L'ILS commence à être en voie de disparition grâce aux approches RNAV rendues possibles avec les systèmes SBAS-Satellite-based Augmentation Systems.



Photo © Pierre GILLARD/2022-807243

Merci de votre attention