

**ENNA** École Nationale Aéronautique



**Généralités au sujet du système ILS**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

Avant de débuter le cours ...



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

Approche et atterrissage



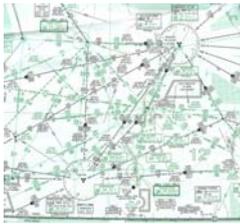
- Pour les avions IFR, l'approche s'effectuera avec l'ILS ou le MLS.
- ILS signifie « Instrument Landing System ».
- MLS signifie « Microwave Landing System ».

• 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).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

Approche et atterrissage

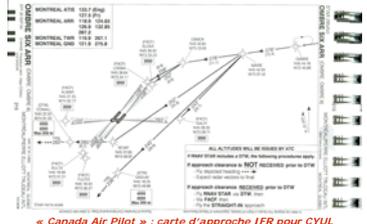


Carte « En Route Low Altitude »

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

Approche et atterrissage



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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

Principe du système ILS

Le système ILS est composé de quatre éléments principaux :

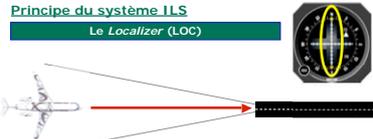
- Le **Localizer (LOC)** permettant le centrage avec l'axe de la piste.
- Le **Glideslope (GS)** permettant de suivre le plan de descente.
- Les **Marker Beacons** ou radiobalises (MKR ou MB) permettant de déterminer une distance par rapport au seuil de piste.
- Les **lumières** d'approche et de piste.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

Principe du système ILS

Le Localizer (LOC)



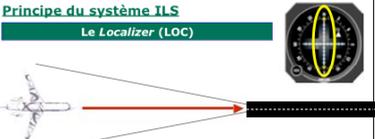
- Le Localizer indique au pilote la dérive par rapport au prolongement de l'axe de piste.
- L'aiguille verticale (CDB) de l'indicateur (CDI) indiquera la direction à prendre pour rejoindre le prolongement de l'axe de piste.
- Les fréquences s'étendent de 108.10 MHz à 111.95 MHz avec les dixièmes de MHz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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

Principe du système ILS

Le Localizer (LOC)



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



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Principe du système ILS**  
**Le Localizer (LOC)**

- **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)**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**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**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**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 :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**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 **torçoin** et génèrent une **tonalité audio distincte** lorsque l'avion passe dans le faisceau d'une balise.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Principe du système ILS**  
**Les Marker Beacons (MKR)**

OM	---	Bleu	400 Hz	4 à 7 NM, point d'interception GS à l'aiguille 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		

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**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			

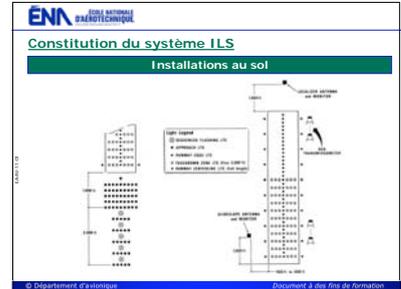
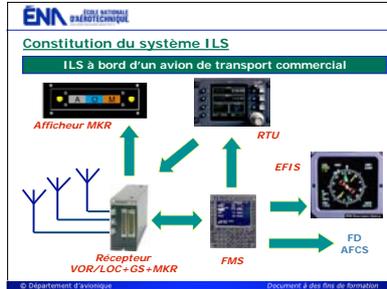
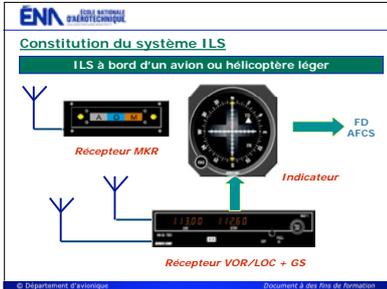
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Constitution du système ILS**  
**Structure du système ILS embarqué**

```

    graph LR
        subgraph "Récepteur VHF de navigation (NAV)"
            R1[Recepteur VHF de navigation (NAV)]
        end
        subgraph "Récepteur UHF de radiopente (GS)"
            R2[Recepteur UHF de radiopente (GS)]
        end
        subgraph "Récepteur VHF de radiobornes (MKR)"
            R3[Recepteur VHF de radiobornes (MKR)]
        end
        subgraph "Convertisseurs"
            C1[Convertisseur de radioalignement latéral]
            C2[Convertisseur de radiopente]
            C3[Convertisseur de radiobornes]
        end
        subgraph "Indicateurs"
            I1[Indicateur de radioalignement latéral]
            I2[Indicateur de radiopente]
            I3[Indicateur de radiobornes]
        end
        R1 --> C1
        R2 --> C2
        R3 --> C3
        C1 --> I1
        C2 --> I2
        C3 --> I3
    
```

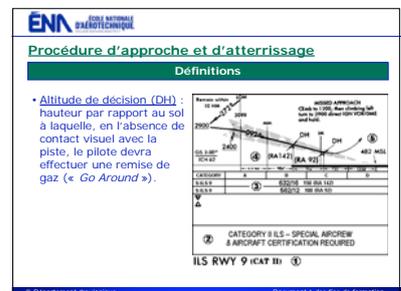
© Département d'avionique Document à des fins de formation



### 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 »).

© Département d'avionique Document à des fins de formation



**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**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.



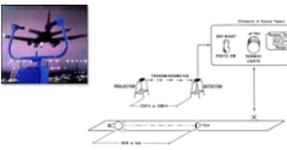
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Procédure d'approche et d'atterrissage**

**Définitions**

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



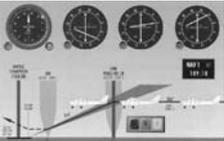
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**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 **Glide slope.**
- Vérification de la position avec les **Markers Beacons** ou avec le **DME.**
- **Altitude de décision (DH radioaltimètre).**
- **Atterrissage ou remise de gaz.**



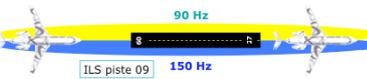
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**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 **Glide slope** est **non fonctionnel**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Procédure d'approche et d'atterrissage**

**Autres systèmes utilisés avec l'ILS**

- **Radioaltimètre :**



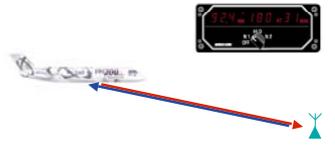
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Procédure d'approche et d'atterrissage**

**Autres systèmes utilisés avec l'ILS**

- **DME-Distance Measurement Equipment :**



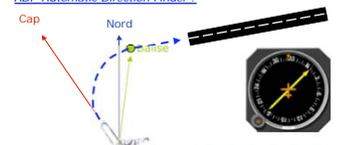
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Procédure d'approche et d'atterrissage**

**Autres systèmes utilisés avec l'ILS**

- **ADF-Automatic Direction Finder :**



**Utilisation du NDB pour intercepter l'ILS**

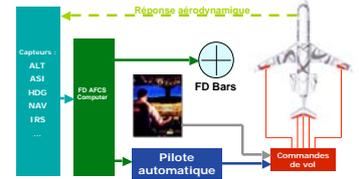
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Procédure d'approche et d'atterrissage**

**Autres systèmes utilisés avec l'ILS**

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



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**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	
		1800 ft	Avec éclairage de la zone de toucher et de la ligne centrale de piste.
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	

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### 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			
Piste :	ILS :	Piste :	ILS :
06 L	CAT II	24 R	CAT I
06 R	CAT I	24 L	CAT I
10	CAT I	28	-

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### 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**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### 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**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### La fiabilité de l'ILS



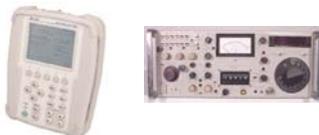
- Il est important pour le pilote de vérifier l'**état des flags** (drapeaux).
- Ceux-ci vont indiquer une **éventuelle défectuosité** du **Localizer** ou du **GlideSlope**.
- Même si les **flags** sont cachés, il faut **demeurer vigilant**.
- Il faut **valider les informations de l'ILS** avec d'**autres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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### 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)**.



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### 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**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

#### Le système MLS (Microwave Landing System)



- Le MLS est un **système radar** fixe à **risseau 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** ...

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

#### Les systèmes de guidage par satellites



- 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**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale d'Avionique Technologique

### Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

#### Les systèmes de guidage par satellites




- 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

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Autres systèmes d'aide à l'atterrissage

#### Les systèmes de guidage par satellites



- 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

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### 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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique



*Photo de Pierre-Philippe LAFITTE (2015)*

**Merci de votre attention**

© Département d'avionique Document à des fins de formation