



Pierre GILLARD/ENMA0090

## La boussole magnétique

### Avant de débuter le cours ...



**Merci !**

## Présentation du cours



- Introduction.
- Le champ magnétique terrestre.
- La boussole.
- Sonde magnétométrique.
- Tests et vérifications.
- Conclusions.

## Introduction

- Depuis très longtemps, la boussole est l'instrument de navigation par excellence, que l'on parle de déplacements terrestres, maritimes ou aériens.



Manuel M. VICENTE/Wikipedia

Les plus anciennes allusions à la boussole appartiennent à la littérature chinoise et remontent au IV<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ. Dans le livre du *Maître de la Vallée du Diable*, le philosophe Su Qin écrit: "Lorsque les gens de Zheng partent ramasser du jade, ils prennent avec eux un indicateur austral pour ne pas se perdre en chemin". La boussole sera introduite en Europe, via le monde arabe, vers le XII<sup>e</sup> siècle.

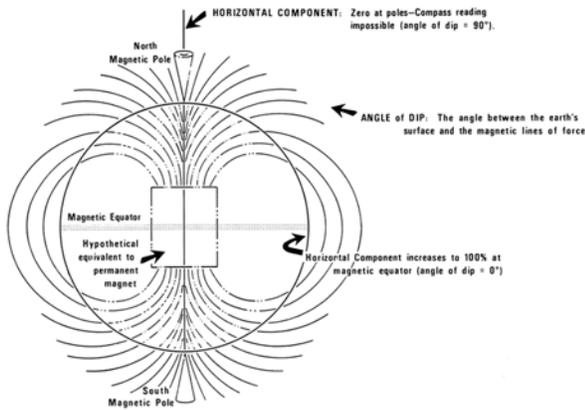


ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT



Collège  
Édouard-Montpetit  
École nationale d'aéronautique

## Le champ magnétique terrestre



- La Terre tourne autour d'un axe Nord-Sud et pivote autour des deux pôles géographiques.
- Non loin du Pôle Nord géographique se situe le Pôle Nord magnétique.

- Celui-ci est le point où se rejoignent les lignes de force du champ magnétique terrestre.
- Le Pôle Nord Magnétique se déplace.

© Département d'avionique
Document à des fins de formation

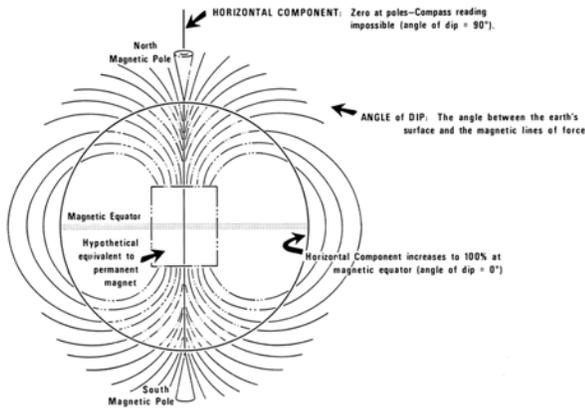


ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT



Collège  
Édouard-Montpetit  
École nationale d'aéronautique

## Le champ magnétique terrestre

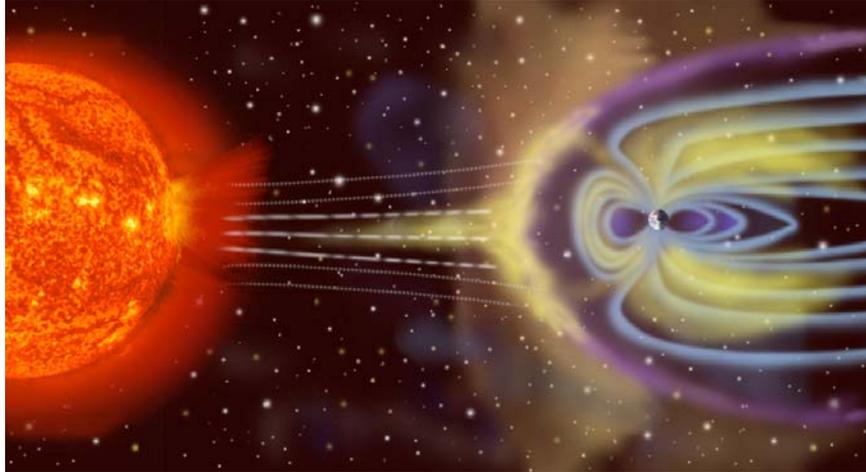


- La terre est un immense aimant causé probablement par son noyau fer-nickel en fusion.
- Le champ est orienté dans la direction pôle Nord-pôle Sud et vaut environ 0,32 Gauss à l'équateur et 0,62 Gauss aux pôles.

- Le champ magnétique terrestre ne se limite pas aux environs immédiats de la Terre.
- En fait, il s'agit d'un système plus complexe appelé magnétosphère.

© Département d'avionique
Document à des fins de formation

## Le champ magnétique terrestre

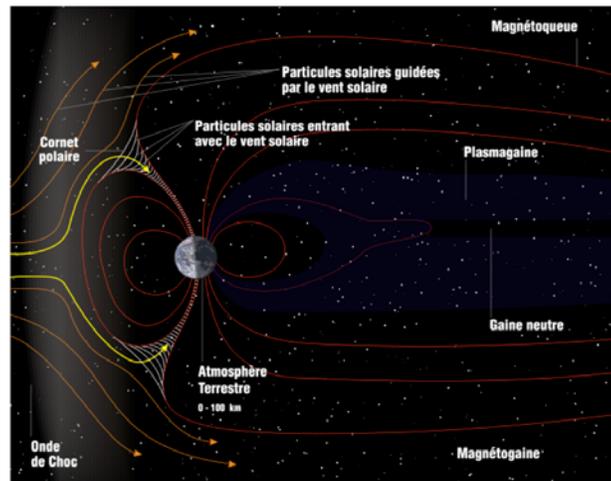


NASA

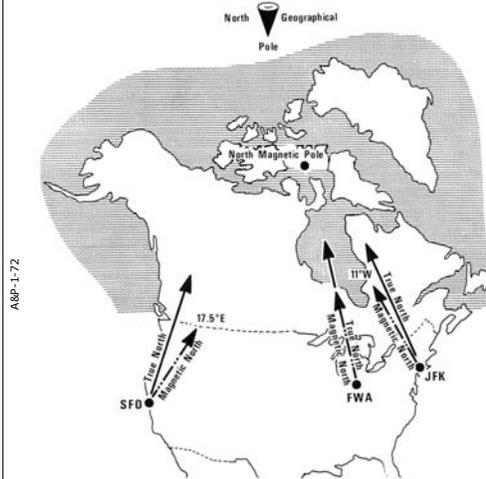
- La magnétosphère est l'environnement magnétique de la Terre.

## Le champ magnétique terrestre

- Description de la magnétosphère :

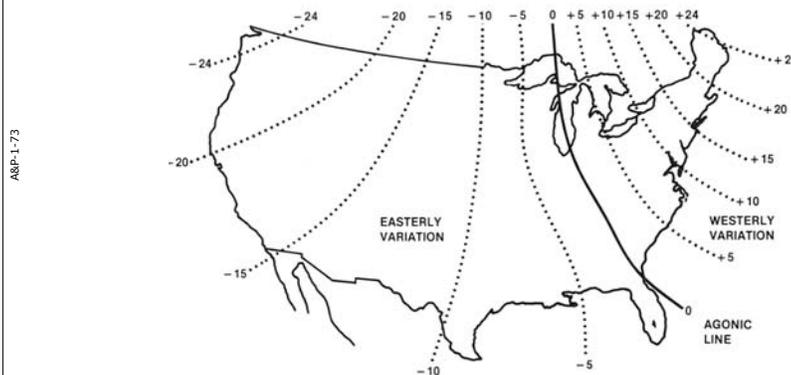


## Le champ magnétique terrestre



- Le Pôle Nord géographique étant la référence pour la cartographie, en navigation, il faut tenir compte que le Pôle Nord magnétique n'est pas situé au même endroit.
- Il existera une erreur appelée « déclinaison magnétique » (*Magnetic Variation*) dont il faudra tenir compte.

## Le champ magnétique terrestre

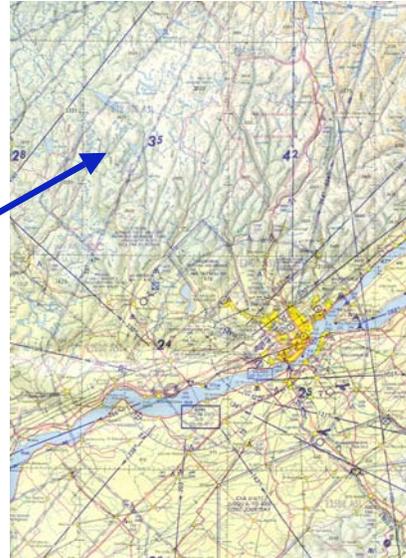


- La déclinaison magnétique de chaque position sur la Terre peut être trouvée par les lignes isogones sur les cartes aéronautiques.
- La ligne de déclinaison magnétique nulle est appelée « ligne agone » (*Agonic Line*).

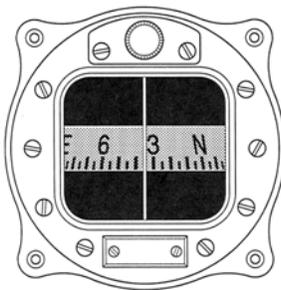
## Le champ magnétique terrestre

- Exemple de carte aéronautique :

Ligne isogone 18° ouest



## La boussole



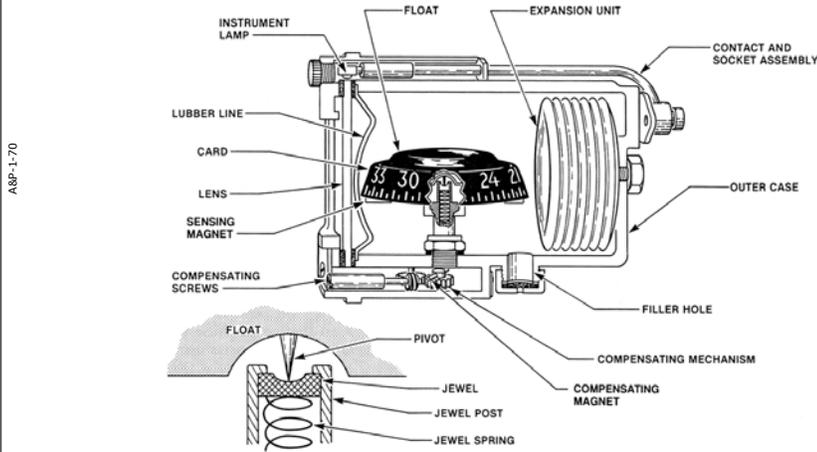
- Une boussole d'aéronef est un instrument autonome.
- Habituellement, il s'agira d'une boussole à flotteur.

- Certains aéronefs disposent d'une boussole à rose verticale, plus facile à lire.



## La boussole

- Détail d'une boussole à flotteur :



## La boussole

- La boussole sera toujours installée dans un aéronef à un endroit à la fois bien en vue du pilote et éloigné le plus possible des perturbations magnétiques de l'aéronef.

Piper  
PA28-140  
Cherokee



## La boussole

- La boussole sera toujours installée dans un aéronef à un endroit à la fois bien en vue du pilote et éloigné le plus possible des perturbations magnétiques de l'aéronef.



Pierre GILLARD/ENM0084

*Bell 206B Jet Ranger*



Pierre GILLARD/ENM0085

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La boussole

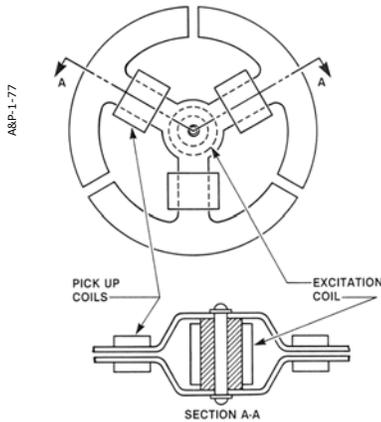
### Les erreurs de la boussole

- La déclinaison magnétique (*Variation*).
- Influence de la masse magnétique de l'aéronef et de ses équipements : « déviations » de la boussole.
- Accélérations, lors de virages ou en cas de turbulences notamment, créant des forces qui influencent la lecture des caps.
- Aux latitudes élevées, du fait que la Terre est ronde, la boussole a tendance à plonger pour pointer vers le Nord magnétique.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

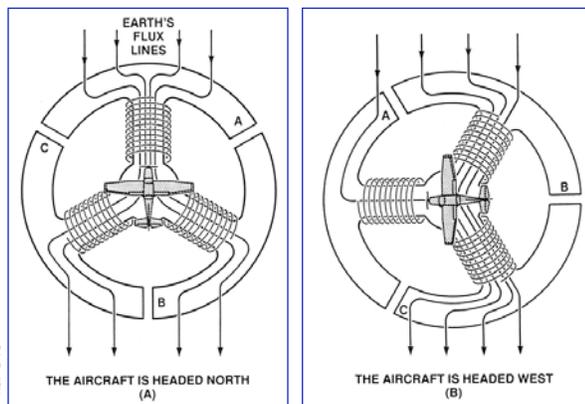
## La sonde magnétométrique



- La sonde magnétométrique est parfois aussi appelée « vanne de flux » (*Flux Valve*).
- Elle est constituée de trois bobines montées à 120° les unes par rapport aux autres afin de détecter la direction des lignes de force du champ magnétique terrestre.
- Une bobine centrale d'excitation est alimentée en tension alternative à 400 Hz et est montée perpendiculairement aux trois branches.

## La sonde magnétométrique

- La sonde magnétométrique permet de relever le cap de l'aéronef par rapport aux lignes de force du champ magnétique terrestre.



## La sonde magnétométrique

- Les sondes magnétométriques sont toujours installées le plus loin possible de toutes les influences magnétiques de l'aéronef.

### Avions

- *Sur les ailes :*



Pierre GILLARD/ENM0099



Pierre GILLARD/ENM0098

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La sonde magnétométrique

- Les sondes magnétométriques sont toujours installées le plus loin possible de toutes les influences magnétiques de l'aéronef.

### Hélicoptères

- *Sur la poutre de queue :*



Pierre GILLARD/000555



Pierre GILLARD/2000-024-2-13A

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La sonde magnétométrique

- Les sondes magnétométriques sont toujours installées le plus loin possible de toutes les influences magnétiques de l'aéronef.

### Hélicoptères

- Sur la poutre de queue :



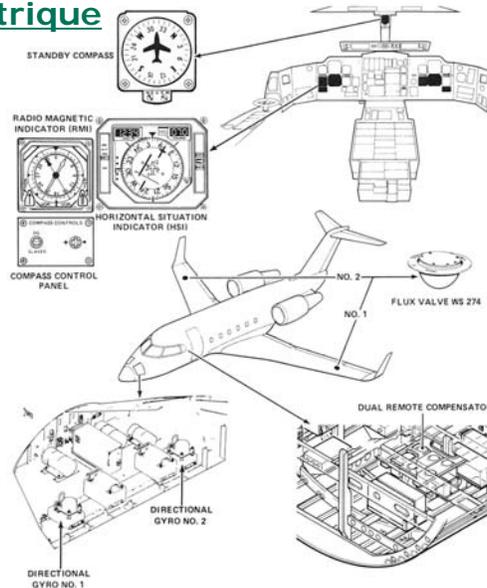
Pierre GILLARD/002030



Pierre GILLARD/200-0041-6-10A

## La sonde magnétométrique

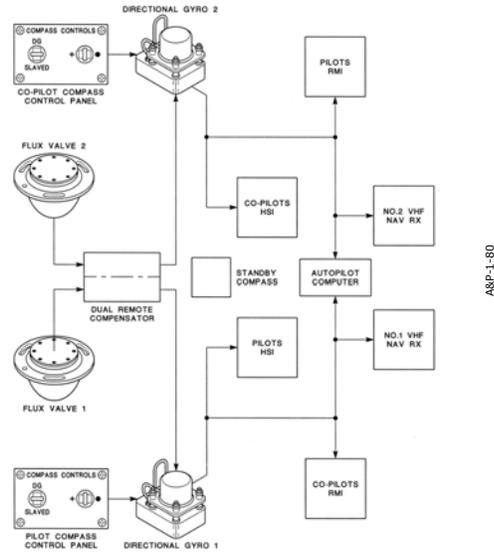
- Une application de la sonde magnétométrique est d'effectuer la compensation automatique de la dérive des gyroscopes directionnels.
- Voici un exemple à bord d'un Challenger :



A8P-1-79

## La sonde magnétométrique

- Une application de la sonde magnétométrique est d'effectuer la compensation automatique de la dérive des gyroscopes directionnels.
- Voici un exemple à bord d'un Challenger :



## La sonde magnétométrique

- Compensation d'un système de HSI (Horizontal Situation Indicator) avec une sonde magnétométrique :



Pierre GILLARD/ENAO136



Pierre GILLARD/ENAO137

## Tests et vérifications



AMT-Aircraft Maintenance Technology

- Pour corriger autant que possible le défaut de déviation, le technicien en avionique établira une carte de compensation de la boussole après avoir effectué un réglage minutieux de celle-ci.
- Cette opération s'appelle un « *Compass Swing* ».



Colorado Flight Center

## Tests et vérifications

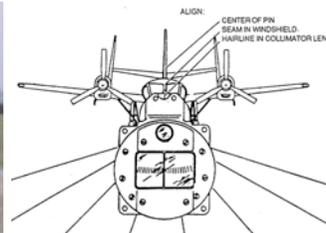


AMT-Aircraft Maintenance Technology

- Un « *Compass Swing* » se fait à l'aide d'un instrument calibré sur une zone de l'aéroport où l'influence de champs magnétiques parasites est nulle.



Hall Waits



- En fonction des relevés, le technicien à bord de l'aéronef ajustera les compensations de la boussole au mieux et établira la carte de compensation pour les erreurs résiduelles.

## Tests et vérifications



AMT-Aircraft Maintenance Technology

- L'Appendice C de la Norme 625 spécifie les intervalles d'étalonnage de la boussole magnétique :

### Norme 625 Appendice C



De Havilland

## Conclusions



- Bien que la boussole soit le premier instrument qui ait été utilisé pour la navigation, elle a toujours sa place dans un aéronef moderne.
- Les sondes magnétométriques sont utilisées principalement pour la compensation automatique des dérives des gyroscopes directionnels.
- C'est au technicien en avionique qu'il appartient d'effectuer l'étalonnage des boussoles et sondes magnétométriques aux intervalles prescrits.



Pierre GILLARD/2005-4356

*Merci de votre attention*