ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Pierre GILLARD/ENA0090

La boussole magnétique

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Avant de débuter le cours …

Merci !

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Présentation du cours

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

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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

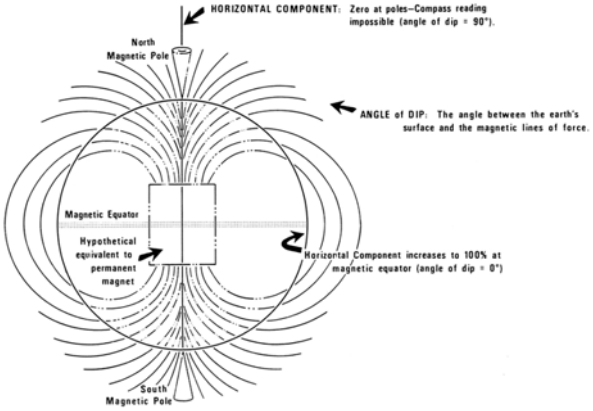
Les plus anciennes allusions à la boussole appartiennent à la littérature chinoise et remontent au IVe siècle avant Jésus-Christ. Dans le livre du *Maître de la Vallée du Diable*, le philosophe Su Qin écrit: *"Lorsque les gens de Zheng partent ramasser du jade, ils prennent avec eux un indicateur austral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

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Le champ magnétique terrestre

EA-AV-6-01



- 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.

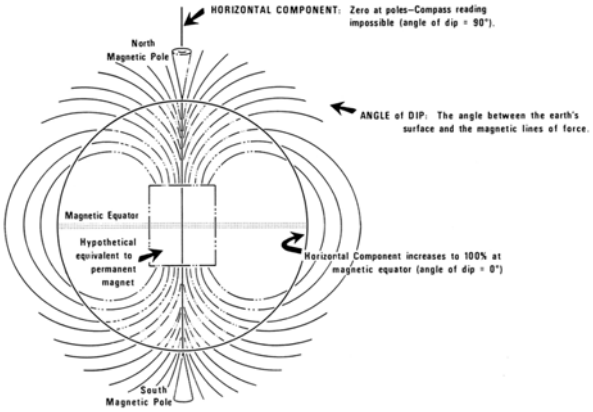
- Celui-ci est le point où se rejoignent les lignes de force du champ magnétique terrestre.
- Le Pôle Nord Magnétique se déplace.

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Le champ magnétique terrestre

EA-AV-6-01



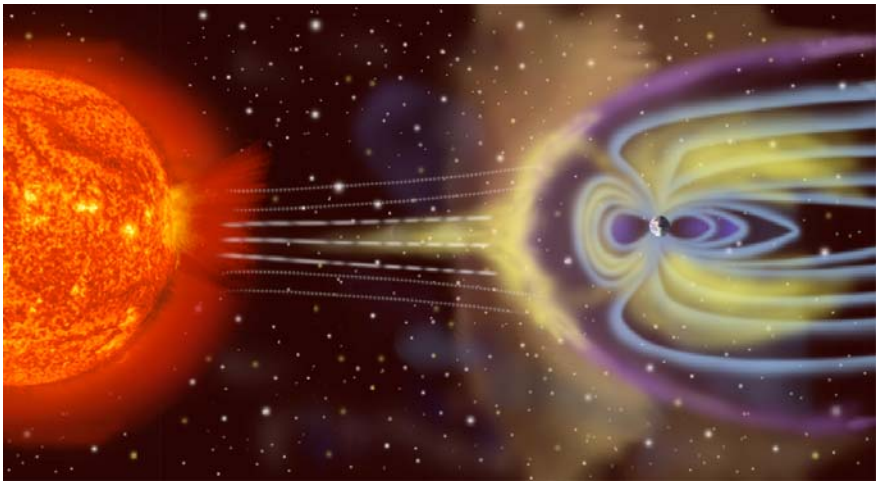
- La terre est un immense aimant causé probablement par son noyau fer–nickel en fusion.
- Le champ est orienté dans la direction pôle Nord–pôle Sud et vaut environ 0,32 Gauss à l'équateur et 0,62 Gauss aux pôles.

- 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*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Le champ magnétique terrestre



NASA

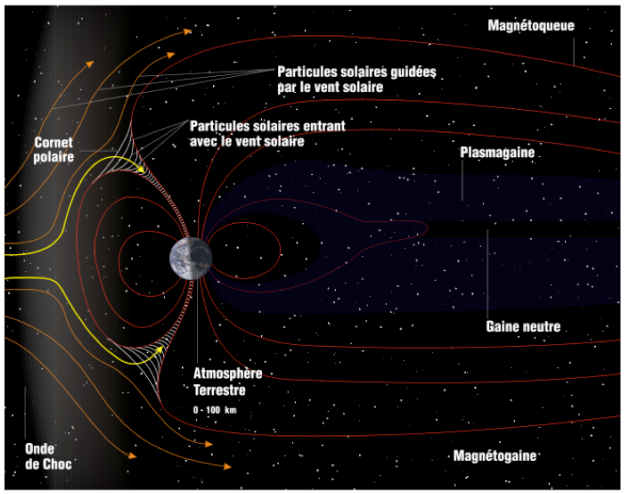
- La magnétosphère est l'environnement magnétique de la Terre.

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Le champ magnétique terrestre

- Description de la magnétosphère :



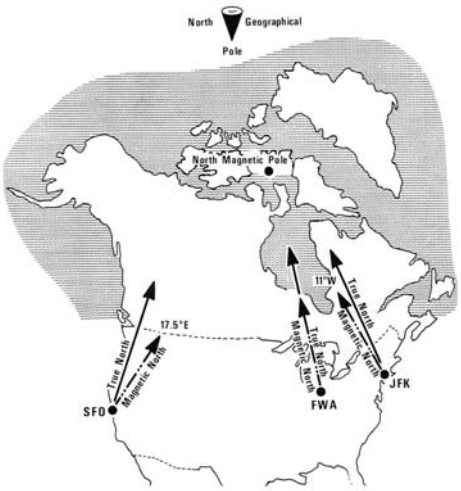
NASA

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Le champ magnétique terrestre

A&P-1-72



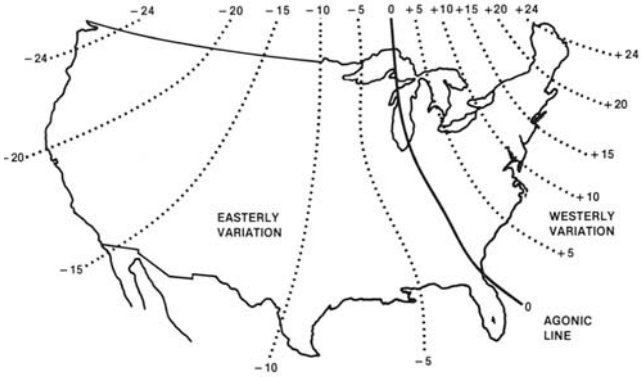
- Le Pôle Nord géographique étant la référence pour la cartographie, en navigation, il faut tenir compte que le Pôle Nord magnétique n'est pas situé au même endroit.
- Il existera une erreur appelée « déclinaison magnétique » (*Magnetic Variation*) dont il faudra tenir compte.

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Le champ magnétique terrestre

A&P-1-73



- 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*).

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

Le champ magnétique terrestre

- Exemple de carte aéronautique :

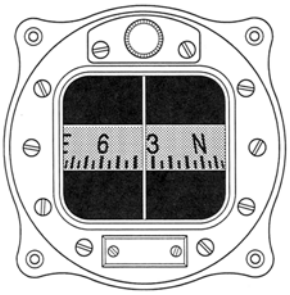
Ligne isogone 18° ouest

Canada AIR 5002

© Département d'avionique

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

La boussole



A&P-1-71

- 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.

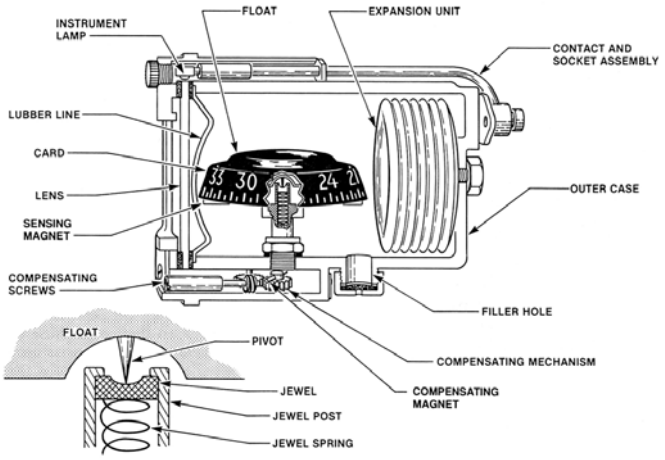
A&P-1-76

© Département d'avionique

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

La boussole

- Détail d'une boussole à flotteur :



A&P-1-70

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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

Pierre GILLARD/ENA0087

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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/ENA0084

Pierre GILLARD/ENA0085

Bell 206B Jet Ranger

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

La boussole

Les erreurs de la boussole

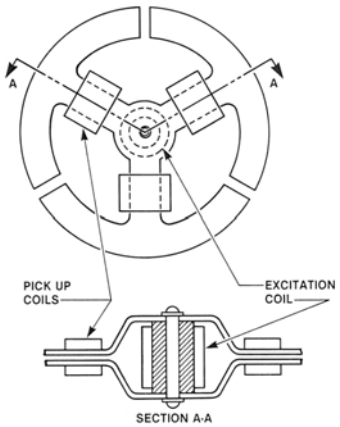
- La déclinaison magnétique (*Variation*).
- Influence de la masse magnétique de l'aéronef et de ses équipements : « déviation » de la boussole.
- Accélérations, lors de virages ou en cas de turbulences notamment, créant des forces qui influencent la lecture des caps.
- Aux latitudes élevées, du fait 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*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

La sonde magnétométrique

A&P-1-77



- 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.

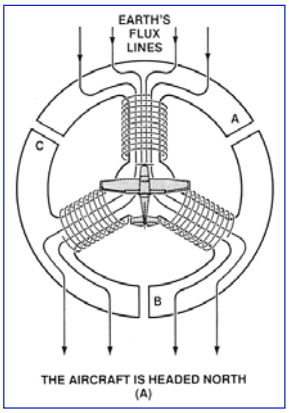
© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

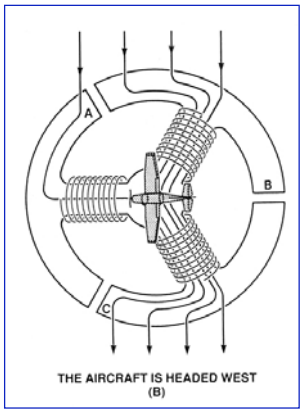
ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

La sonde magnétométrique

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

A&P-1-78





Pierre GILLARD/ENA0138

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

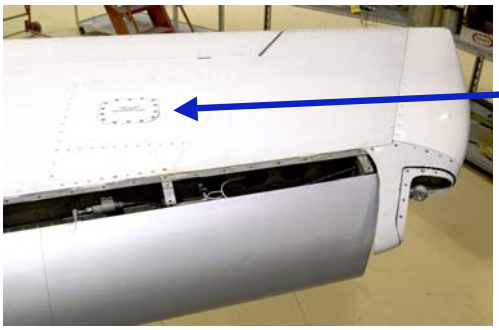
ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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/ENA0099

Pierre GILLARD/ENA0098

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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 :*

© Bernard-Mathieu TANGUAY

© Bernard-Mathieu TANGUAY

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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

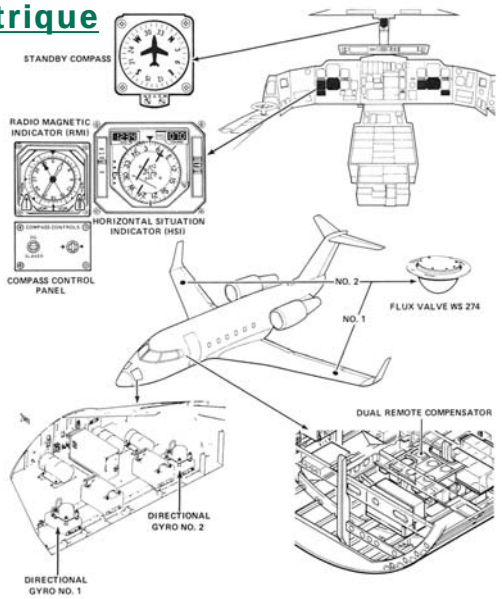
Pierre GILLARD/2000-0041-6-10A

© Département d'avionique

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

La sonde magnétométrique

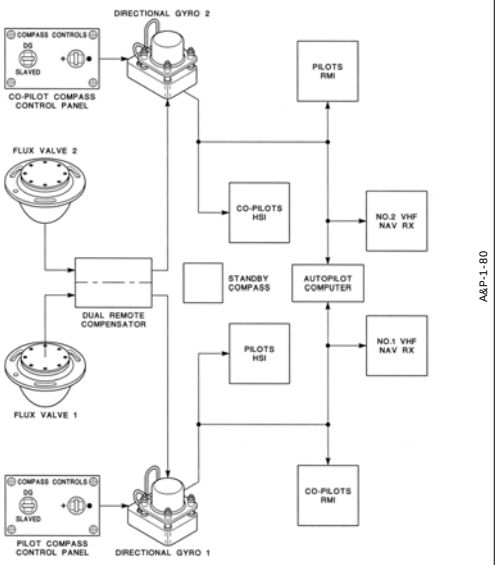
- Une application de la sonde magnétométrique est d'effectuer la compensation automatique de la dérive des gyroscopes directionnels.
- Voici un exemple à bord d'un Challenger :



ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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 :



ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

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

Pierre GILLARD/ENA0136

Pierre GILLARD/ENA0137

© Département d'avionique

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

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

© Département d'avionique

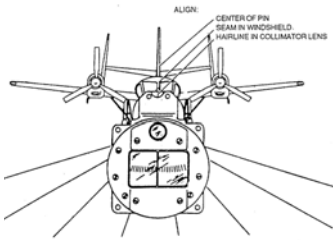
ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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 Watts



- 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.

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

MagNav

- Les signaux GNSS pouvant être facilement perturbés, voire indisponibles, le MIT a développé un système de navigation utilisant les lignes de force du champ magnétique terrestre.
- Le principe est basé sur la cartographie précise des anomalies des lignes de force du champ magnétique terrestre qui est compilée dans une base de données.
- Le système compare ce qui est mesuré par rapport aux données enregistrées afin de déterminer la position de l'aéronef.

Photo © Pierre GILLARD/2010-25811

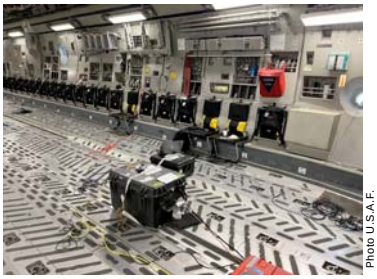


Photo U.S.A.F.

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPETIT

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.

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLÈGE EDOUARD-MONTPETIT

Pierre GILLARD/2005-4356

Merci de votre attention

© Département d'avionique *Document à des fins de formation*