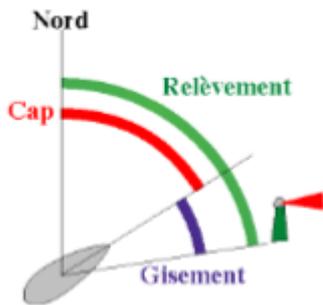


NOTION DE NORD, CAP ET RELÈVEMENT

Définitions



Le compas est composé d'une aiguille aimantée qui est orienté par les champs magnétiques qui l'entourent.

Il permet au navigateur de connaître la direction du Nord et d'en déduire :

- le **cap**, angle entre la ligne de foi du navire et le Nord,
- le **relèvement Z** d'un amer, angle entre l'amer et le Nord
- e l'amer et la ligne de fois

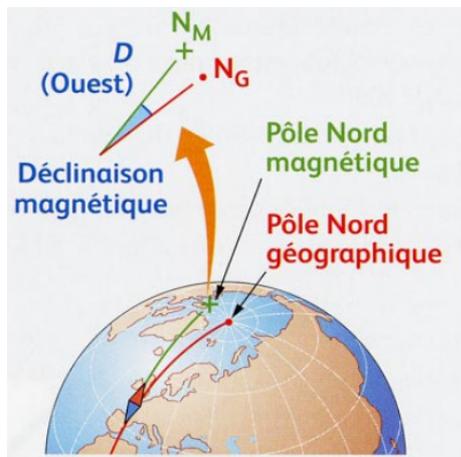
Le cap, le relèvement et le gisement sont des angles exprimés en degrés (de 0 à 360°) dans le sens des aiguilles d'une montre.

Illustration 1: Cap, relèvement et gisement

Les différents Nord – déviation et déclinaison et variation

Le Nord indiqué par le compas n'est pas le Nord géographique (N_G ou N_v) mais le Nord compas (N_c).

En effet l'aiguille aimantée du compas magnétique est soumise à l'action de deux champs :



- Le **champ magnétique terrestre** (le Nord magnétique N_m) qui fait un angle D avec la direction du Nord géographique ; D est la **déclinaison magnétique**, sa valeur est variable dans l'espace et dans le temps.

- Le **champ magnétique crée par le navire**

A bord, le courant dans les câbles, des masses ferreuses aimantées crée un champs magnétique propre au navire Ce champ magnétique supplémentaire dévie l'aiguille du compas par rapport au Nord magnétique d'une valeur d appelée **déviati**on.

La déviation varie en fonction du cap du navire et est propre à chaque couple Navire/compas.

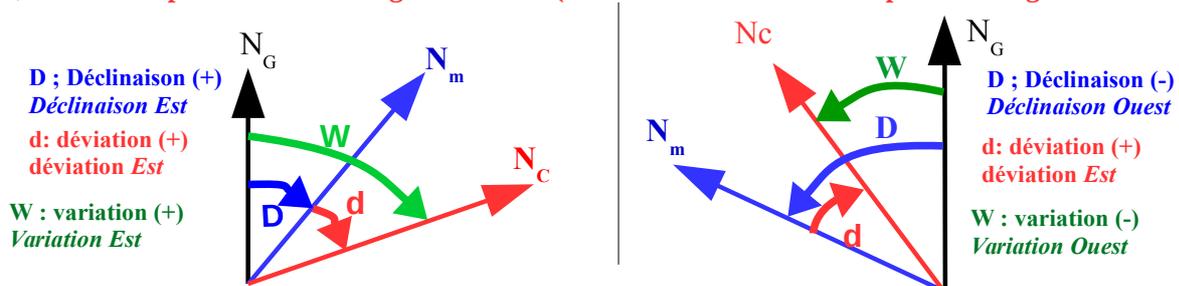
Illustration 2: Différence entre Nord géographique et Nord magnétique

La somme de la déviation et de la déclinaison s'appelle la variation :

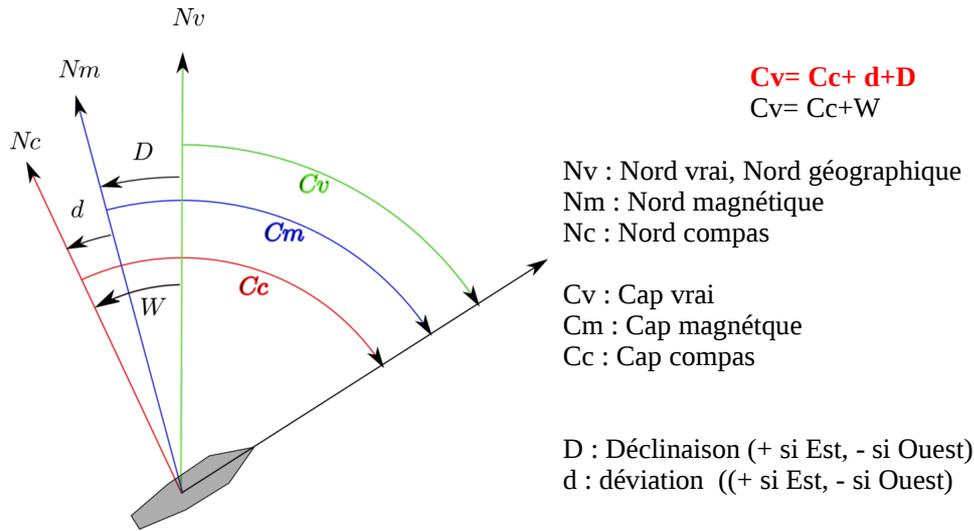
$$W = D + d$$

La variation est aussi appelée **erreur du compas**

W, D et d sont positifs si Est et négatif si Ouest (attention c'est le contraire pour les longitudes)



Les différents Cap



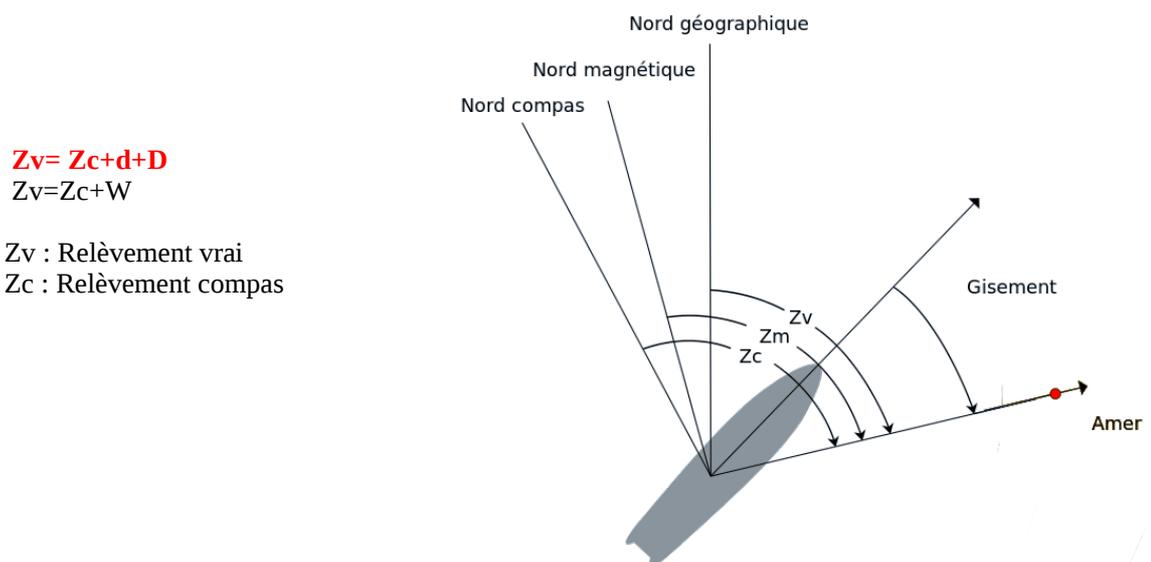
Moyen memotechnique :

$Cv = Cc + W$: un capitaine de vaisseau (Cv), c'est un capitaine de corvette (Cc) avec un bonne dose de Whisky (W) car le capitaine de vaisseau a plus de bouteille et d'ancienneté que le capitaine de corvette (donc plus de Whisky ?)



Illustration 3 : Extrait "Les aventures de Tintin - Objectif Lune" de Hergé - 1993

Les différents relèvements



Rose de la carte et déclinaison magnétique

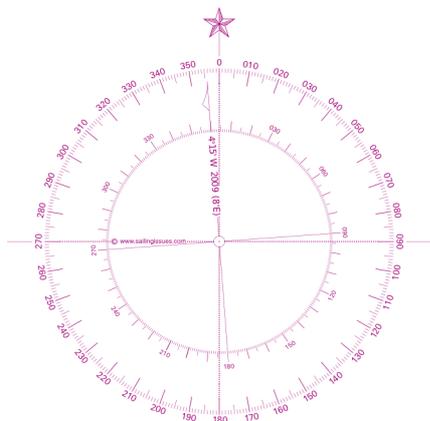


Illustration 4 : Rose de déclinaison magnétique d'une carte marine

Sur chaque carte, sont présentes plusieurs roses de déclinaison magnétique. Sur chaque rose est indiquée la déclinaison magnétique pour l'année d'édition de la carte, ainsi que sa variation annuelle. Il est ainsi possible de calculer la déclinaison magnétique à tout moment de tout lieu de la carte.

Convention

Pour les signes de la déclinaison, déviation et variation, on utilise les conventions du cercle trigonométrique, à savoir + vers l'Est et - vers l'Ouest

⚠ Attention cette convention est le contraire de celle utilisée pour les longitudes.

Exemple

Dans l'exemple ci contre (illustration e, la déclinaison est donnée est de $4^{\circ} 15' W$ en 2009 avec une variation annuelle de la déclinaison de $8'E/an$

Entre 2009 et 2019, il s'est écoulé 10 ans ; la déclinaison a donc variée de $10 \times 8' = 80' W = 1^{\circ} 20' W$.

Donc la déclinaison en 2019 est :

$$D = (-4^{\circ} 15') + 1^{\circ} 20' = -2^{\circ} 55' W$$

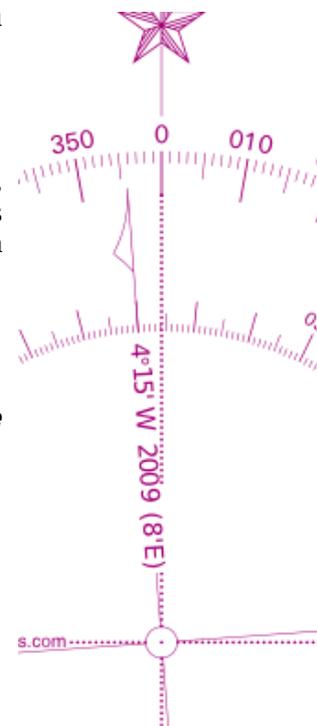
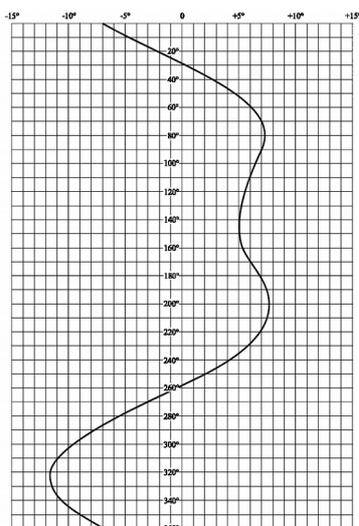


Illustration 5: Rose de déclinaison

Courbe de déviation magnétique



Pour chaque binôme compas/ navire est défini une courbe de déviation Elle donne pour chaque cap compas (Cc) la déviation.

Pratique

Les caps compas et les relèvements compas doivent toujours être corrigés avant d'être tracé sur la carte marine. Seuls les caps vrais et relèvements vrais doivent être tracés sur la carte.

NOTIONS DE ROUTE ET DE DERIVE

Route surface et dérive du au vent

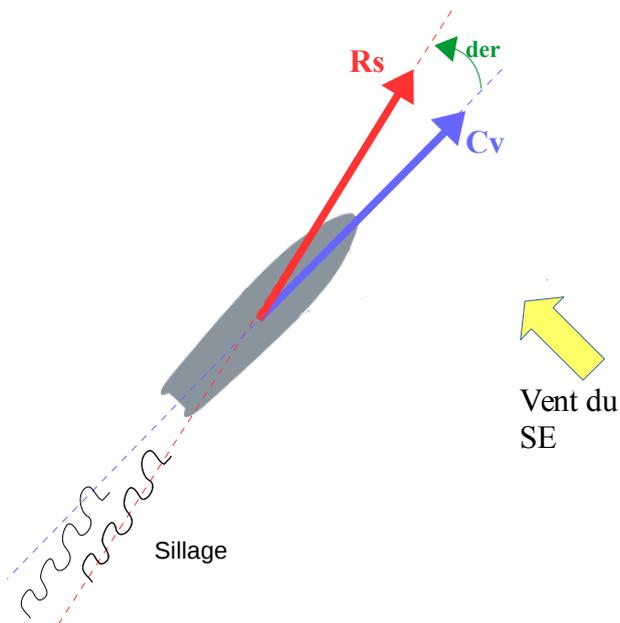
Sous l'effet du vent sur les superstructures, le navire dérive et ne se déplace pas dans la direction de sa ligne de foi.

La dérive due au vent ne se calcule pas, elle s'apprécie ; elle se note der

Déterminer la dérive

Un moyen pour connaître la valeur de la dérive consiste à évaluer l'angle formé par l'axe du navire (Cv) et le sillage du navire (qui correspond à la route surface Rs).

Déterminer la route surface



$$Rs = Cv + der$$

der : + si tribord

der : - si babord

Route fond

L'eau sur laquelle le navire se déplace est elle même en mouvement sous l'action des courants de marées ou des courants océaniques.

Le navire ne suit donc pas la route sur face Rs , mais une route fond Rf , déterminée par l'action combinée du déplacement propre du navire et du courants

Déterminer le courant

Pour obtenir les courants, on peut soit consulter

- consulter le tableau de courant de la carte,
- consulter l'atlas des courants, 0
- déterminer par observation.

COURANTS DE MAREE										
Référence : PM Port-Navalo										
Heures		Position géographique		A			B			
				47° 26.0' N 3° 04.2' W			47° 22.8' N 3° 02.5' W			
Avant Plaine Mer	6	-6	037	0.8	274	0.1	009	0.5	265	0.2
	5	-5	049	1.6	047	0.4	020	0.7	340	0.2
	4	-4	058	1.7	044	0.7	021	0.8	015	0.3
	3	-3	061	1.4	045	0.7	025	0.5	025	0.3
	2	-2	068	1.0	061	0.5	051	0.3	035	0.3
	1	-1	093	0.7	082	0.4	099	0.3	059	0.2
Plaine Mer	1	0	148	0.4	101	0.3	139	0.4	091	0.2
	2	+1	225	0.9	133	0.2	174	0.5	129	0.2
	3	+2	241	1.8	214	0.3	202	0.6	156	0.2
	4	+3	241	2.1	238	0.7	222	0.8	190	0.2
	5	+4	243	1.6	245	1.0	227	0.9	219	0.2
	6	+5	257	0.6	248	0.9	246	0.4	238	0.3
Après Plaine Mer	6	+6	027	0.4	253	0.4	354	0.3	244	0.3

Nota : les courants sont fortement influencés par les vents.

ENSM Le Havre	STAGE FLUVIO-MARITIME 2019	V3.0 – 03/19
A. Charbonnel	COMPAS MAGNÉTIQUE & DIRECTIONS	5/13

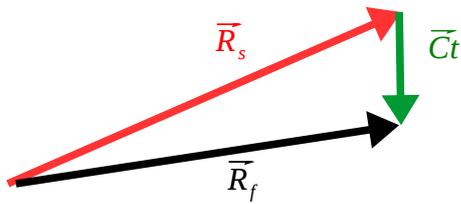
Déterminer la route fond

La détermination de la route fond R_f ainsi que celle de la vitesse fond ne peut se faire que vectoriellement sur la carte ou par le calcul.

Dans l'exemple ci on détermine la route fond par construction à partir

- du vecteur Route surface \vec{R}_s (67° , 6 nds)
- du vecteur run \vec{C}_t (90° , 1,5 nds)

On ajoute le vecteur courant \vec{C}_t au bout du vecteur \vec{R}_s



$$\vec{R}_f = \vec{R}_s + \vec{C}_t$$

DESCRIPTION DU COMPAS MAGNÉTIQUE

Le compas

Le compas se compose d'un système d'aiguilles aimantées solidaires d'un disque léger appelé rose.

La rose est graduée de 0 à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre ; elle est montée sur un pivot baignant dans un liquide à l'intérieur d'une cuvette étanche.

Les aiguilles aimantées orientent la rose vers le Nord compas.

Les directions données par la rose sont:

- 000° : Nord
- 090° : Est
- 180° Sud
- 270° : Ouest

- 1 - flotteur
- 2 - glace
- 3 - rose
- 4 - index de ligne de foi
- 5 - chape
- 6 - pivot
- 7 - orifice de remplissage
- 8 - cercle de cardan
- 9 - diaphragme
- 10 - anneau de lestage
- 11 - fond de cuvette
- 12 - aimant torique

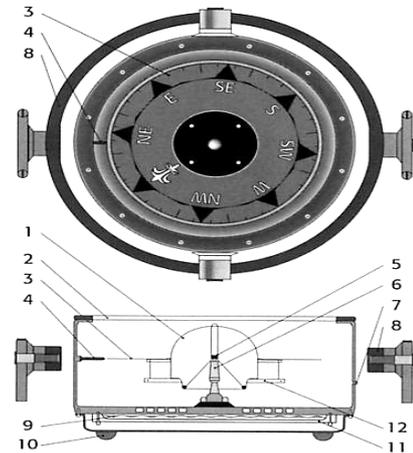


Illustration 6 : Description de la cuvette du compas

Les correcteurs

Sur certains compas, il existe des correcteurs, des masses ferriques que l'on place pour réduire l'action perturbatrice exercée sur la rose par les fers du navire.

Ces correcteurs sont de deux types, les fers doux (des sphères métallique placé de chaque côté de la cuvette) de par et les fers durs aimants situés en dessous de la cuvette)

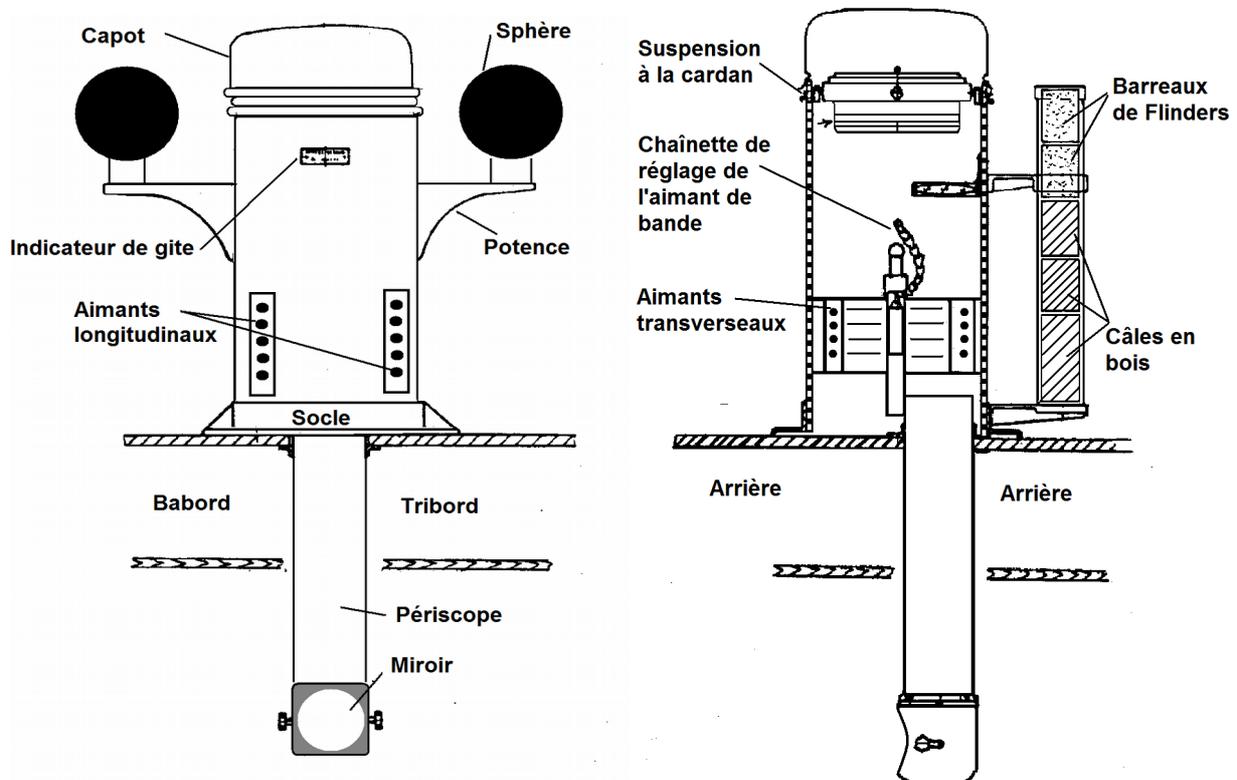


Illustration 7 : Coupe du compas magnétique

ENSM Le Havre	STAGE FLUVIO-MARITIME 2019	V3.0 – 03/19
A. Charbonnel	COMPAS MAGNÉTIQUE & DIRECTIONS	7/13

REGULATION DU COMPAS

Présentation

Objectif :

La régulation a pour objectif de déterminer la courbe de déviation c'est à dire définir la déviation en fonction du cap compas.

Conditions de réalisation :

La régulation devrait être réalisée :

- **A chaque changement de région de navigation ;**
en effet la déclinaison variant en fonction de la zone, les champs induits vont donc varier et par conséquent la déviation va elle aussi varier.
- **A chaque changement de cargaison ;**
en changeant de cargaison, on modifie le chargement magnétique du bord et donc la déviation.
- **A chaque modification importante du bord ;**
l'ajout ou le remplacement de nouveaux matériels (radar, machine, ecdis, etc.) va modifier l'équilibre magnétique du bord et donc la déviation.
- **Chaque année ;**
en effet, la déclinaison magnétique varie annuellement, les champs induits vont donc varier et la déclinaison va changer

Principe :

Le navire suit un cap au compas C_c , on note à un instant donné la valeur Z_c du relèvement au compas d'un objet. Connaissant la déclinaison magnétique le relèvement vrai de cet objet on en déduit $d = Z_v - Z_c - D$.

On réalise cette opération en faisant évoluer le C_c de 20 en 20° environ

Le relèvement vrai de l'objet peut être réaliser en utilisant :

- le compas gyroscopique,
- des alignements,
- les relèvements d'amers éloignés,
- les relèvements d'un astre de faible hauteur (soleil le matin ou le soir, planètes, ...),
- les relèvements réciproques.

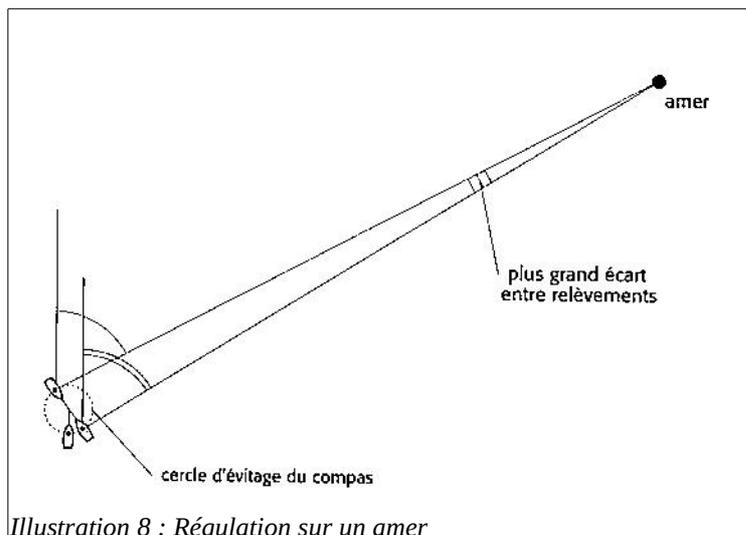


Illustration 8 : Régulation sur un amer

La valeur du champ magnétique terrestre (et donc de D) étant variable dans le temps et l'espace, la régulation n'est valable que pour une région donnée et pour un laps de temps fini : **un compas n'est jamais réglé pour tout lieu et pour toujours !**

On peut effectuer la régulation en route ou en station fixe (sur coffre, amer à une distance supérieure à plus de 120 fois le cercle d'évitage afin que l'écart entre relèvements soit toujours inférieur à $\frac{1}{2}^\circ$)

Procédure

1. Venir à un cap compas quelconque,
2. Relever l'amer (astre, **alignement**...) noter son relèvement vrai et noter l'indication compas Z_c ,
3. Calculer la déviation $d = Z_v - Z_c - D$,
4. Venir au cap suivant $+ 20^\circ$ et répéter les opérations précédentes,
5. Réaliser la courbe de déviation en

Pour éviter les problèmes de traînage magnétiques, il faut

- Soit conserver le cap pendant 10 à 15min
- Soit effectuer **deux tours d'horizon** de sens contraire et définir la déviation comme la moyenne des déviations mesurées dans les deux sens
- En outre il ne faut pas procéder à la régulation après un long séjour à quai (aimantation induite).

Exemple

Cc	Zv	Zc	D	'd= Z - Zc
002				
023				
047				

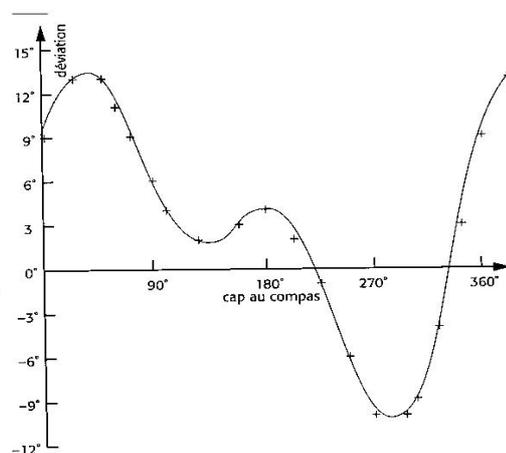


Illustration 9 : Exemple de courbe de déviation

Les différents types de régulation

Régulation par relèvements d'amer éloigné

On connaît avec précision sa position (GPS, arc capable, point par deux alignements...).
 Amer à 5 ou 6 M minimum.
 On détermine le Z_v à partir de la carte.

Régulation par relèvements d'un astre

On relève l'azimut Z_c d'un astre peu élevé sur l'horizon et l'on note l'heure.
 A partir de l'heure et d'une éphéméride, on détermine les coordonnées horaires de l'astre et l'on en déduit son azimut vrai.

✓ La régulation par relèvement d'un astre a l'avantage de ne nécessiter ni de connaître précisément sa position ni d'être en vue des côtes.

Régulation par franchissement d'un alignement

Au moment où l'on franchit un alignement, c'est à dire où deux amers sont confondus en direction, l'on note le relèvement Z_c .
 A partir de la carte on détermine Z_v .

ENSM Le Havre	STAGE FLUVIO-MARITIME 2019	V3.0 – 03/19
A. Charbonnel	COMPAS MAGNÉTIQUE & DIRECTIONS	9/13

Régulation par compas gyroscopique

On relève le cap compas Cc et le cap gyro Cg au même moment.

On a $C_v = C_g + W_g$.

Connaissant la variation gyroscopique Wg, et la déclinaison, on en déduit $d = C_v - C_c - D = C_g + W_g - D$.

L'erreur de route ou variation du compas gyroscopique est donnée par la relation :

$$W_g = \frac{-V \cdot \cos(C_v)}{15 \cdot \cos \varphi}$$

V : vitesse du navire
Cv : cap vrai du navire
φ : latitude du navire

Attention, un changement rapide de route et de vitesse du navire entraîne une erreur momentanée du gyrocompas qui peut atteindre 2 à 3°.

ENSM Le Havre	STAGE FLUVIO-MARITIME 2019	V3.0 – 03/19
A. Charbonnel	COMPAS MAGNÉTIQUE & DIRECTIONS	10/13

PRATIQUE DU COMPAS MAGNÉTIQUE

Problème direct

Le cap compas est connu, on veut déterminer le cap vrai :

- calculer D grâce à la carte ;
- déterminer d à partir de la courbe de déviation ;
- en déduire $C_v = C_c + d + D$.

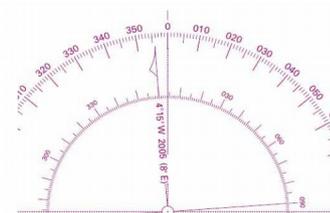


Illustration 10 : Exemple de rose de déclinaison magnétique

Problème inverse

Le cap vrai à suivre est défini, on veut déterminer le cap compas à suivre :

- calculer D grâce à la carte ;
- déterminer d à partir de la courbe de déviation, **mais ATTENTION cela pose problème car la courbe de déviation est tracée en fonction du cap compas et non du cap magnétique.**

Il existe deux méthodes pour trouver d en fonction du cap magnétique :

Méthode 1 : dichotomie

1. On suppose que $C_c = C_m$.
2. A partir de la courbe on en déduit une valeur d approchée.
3. On calcule alors un nouveau cap compas $C_c = C_m - d$ approchée.
4. A partir de ce nouveau C_c , on en déduit avec la courbe un nouveau d approché.
5. On recalcule $C_c = C_m - d$ approchée.
6. On réitère une ou deux fois sachant que la précision est demandée est de $0,5^\circ$.

Méthode 2 :

On trace sur la courbe de déviation une droite de pente -1 qui passe par la valeur du C_m sur l'axe des abscisses.

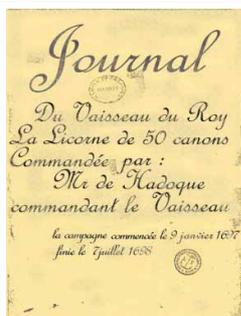
On lit d à l'intersection de cette droite et de la courbe de déviation.

Faire une variation

La courbe de déviation doit être vérifiée chaque fois qu'est donnée l'occasion de connaître le relèvement vrai d'une direction (amer éloigné, astre, alignements...).

Réaliser ses vérifications est appelée faire une variation.

Tenue du quart



A chaque quart, sont portés dans le journal de bord le cap compas et le cap gyrocompas.

Le compas magnétique n'est pas précis mais très stable dans le temps ; si le navire ne change pas de cap le cap compas sera toujours identique.

Au contraire le cap gyrocompas est très précis mais pas parfaitement stable.

La comparaison du cap compas et gyrocompas permet de vérifier la stabilité du gyrocompas.

Inversement si le gyrocompas ne fonctionne plus, à partir du journal de bord, il sera possible de définir une courbe de déviation valable pour la zone et la cargaison.

Exemple de courbe de déviation

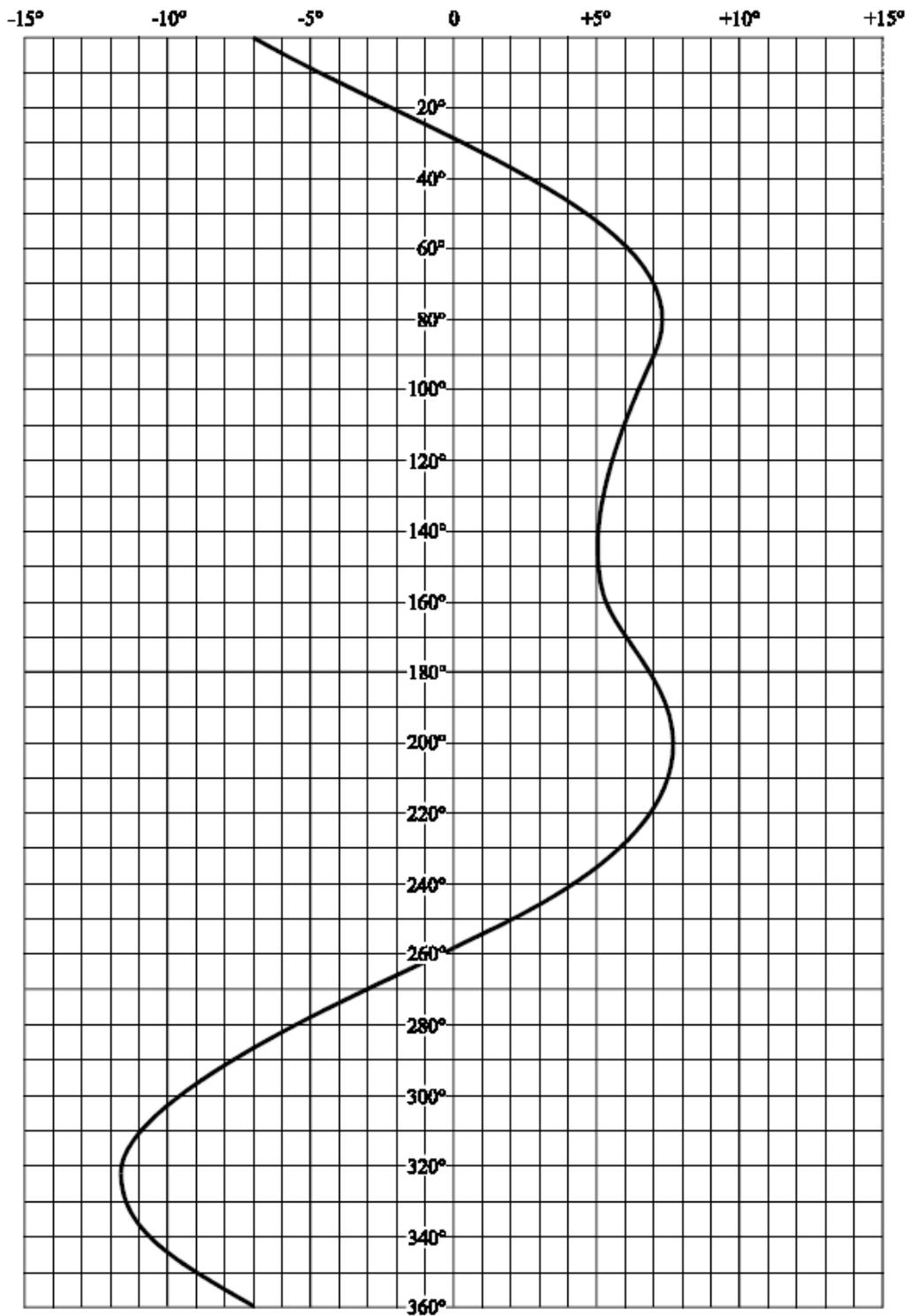


Illustration 11 : Courbe de déviation du compas magnétique

ENSM Le Havre	STAGE FLUVIO-MARITIME 2019	V3.0 – 03/19
A. Charbonnel	COMPAS MAGNÉTIQUE & DIRECTIONS	12/13

COMPAS MAGNÉTIQUES & AUTRES COMPAS

Avantages et inconvénient du compas magnétique

Avantage	Inconvénient
Indépendant de toute source d'énergie	Pas d'interface aisée avec les autres équipements de navigation
Représentation claire des caps	Obligation de réaliser la régulation voire la compensation (opérations valides pour une zone seulement de navigation donnée)
Très bonne stabilité (si la rose est importante)	Obligation d'être disposé près du poste de barre (endroit généralement soumis aux perturbations électromagnétiques)

Les autres types de compas

Il existe différents types de compas :

- le compas magnétométrique (compas à saturation magnétique ou compas fluxgate),
- le compas à magnéto-résistance,
- le compas gyroscopique mécanique,
- le compas gyroscopique à anneau laser,
- le compas gyroscopique à fibre optique,
- le compas gyromagnétique,
- le compas satellitaire.

ENSM Le Havre	COMPAS MAGNÉTIQUE	V2.0 – 01/16
A. Charbonnel	PRÉSENTATION DU COMPAS MAGNÉTIQUE	13/13

RESSOURCES

Bibliographie

- SHOM - *Guide du navigateur* (volumes 1 et 2). SHOM (2010).
Philippe Bourbon - *Guide pratique du compas magnétique* Institut océanographique (2002).
Caillou/Laurent/Percier - *Traité de navigation* - Infomer.
Bowditch - *The American practical navigator* - National Imagery and Mapping Agency (2000).
Cutler - *Dutton's Nautical Navigation* –
Seamanship - *NavBasics vol.–* Whiterby (2009)

Illustrations

Illustration 1: Cap, relèvement et gisement.....	1
Illustration 2: Différence entre Nord géographique et Nord magnétique.....	1
Illustration 3 : Extrait "Les aventures de Tintin - Objectif Lune " de Hergé - 1993.....	2
Illustration 4 : Rose de déclinaison magnétique d'une carte marine.....	3
Illustration 5: Rose de déclinaison.....	3
Illustration 6 : Description de la cuvette du compas.....	7
Illustration 7 : Coupe du compas magnétique.....	7
Illustration 8 : Régulation sur un amer.....	8
Illustration 9 : Exemple de courbe de déviation.....	9
Illustration 10 : Exemple de rose de déclinaison magnétique.....	11
Illustration 11 : Courbe de déviation du compas magnétique.....	12