

LES CORRECTIONS DES RELEVÉS

Origine du problème

On a, jusqu'à maintenant, travaillé sur des données issues ou reportées sur des cartes marines, en utilisant comme repère fondamental la direction du Nord.

En fait, le seul repère qu'on a sur un navire et la direction indiquée par le compas¹. Malheureusement, celui-ci ne donne pas la direction du Nord géographique, Il indique celle du Nord magnétique, et ce avec une certaine erreur!

On va donc s'attacher à étudier les origines de ces modifications dans le repérage des directions, d'en déduire une technique pour en tenir compte et, par là, de les évincer.

Rappels:

- Le **cap** (C) d'un navire est la direction que fait sa ligne de foi avec la direction du Nord.
- Le **relèvement** (Z) d'un amer est l'angle que fait la ligne qui joint l'observateur à cet amer et la direction du Nord.
- Le **gisement** (g ou g) d'un amer est l'angle que fait la ligne qui joint l'observateur à cet amer et la ligne de foi du navire.

Nord vrai et Nord magnétique

Définitions

- Le **Nord vrai** est celui qui est utilisé, sans exception, sur les cartes marines. C'est la direction du pôle Nord, un des deux pôles par lequel passe l'axe de la rotation de la Terre sur elle-même.
- Le **Nord magnétique** est la direction vers laquelle pointe le pôle nord d'un aimant, placé librement sur une surface horizontale.

Il faut noter qu'un aimant doué de trois degrés de liberté (c'est à dire pouvant tourner librement dans toutes les directions de l'espace) indiquera une direction située en direction du Nord dans le plan horizontal, mais vers le bas dans un plan perpendiculaire au premier, et contenant l'aiguille. Nous ne tiendrons jamais compte de cette remarque, dans la mesure où toutes les déterminations de route ou de cap se font dans un plan horizontal.

Enfin, au voisinage des pôles, l'utilisation de systèmes faisant appel au magnétisme terrestre est impossible.

La déclinaison

Définition

L'écart entre la direction du Nord vrai et du Nord magnétique s'appelle la **déclinaison**.

Cette déclinaison varie selon le lieu. A la même époque, la déclinaison sera de quelques degrés pour la France métropolitaine, mais avoisinera la quinzaine de degrés dans les Antilles. De même, il y a des "anomalies magnétiques", bien notées sur les cartes marines, au niveau desquelles la déclinaison prend des valeurs anormales.

Elle varie également dans le temps. Sans remonter aux époques géologiques, pendant lesquelles le champ magnétique terrestre a subi plusieurs inversions (c'est à dire des permutations entre pôles magnétiques N et S), on sait que la déclinaison varie de façon

¹ Nous supposons que le Nord n'est indiqué que par des appareils utilisant le champ magnétique terrestre; un survol des autres possibilités est donnée à la fin de ce chapitre.

presque linéaire avec le temps; on doit tenir compte de cette modification temporelle dans les calculs de correction si les cartes sont relativement anciennes.

Symbolisme

La déclinaison est notée par la lettre D. Elle est positive ou Est si le Nord magnétique est à l'est de la direction du Nord géographique (l'angle Nord vrai-Nord magnétique est dans le sens des aiguilles d'une montre), négative ou Ouest dans le cas contraire.

La déclinaison est reportée sur les cartes marines une ou plusieurs fois, suivant l'étendue de la carte. Elle apparaît au centre des graduations du cercle entier, qui figure en violet sur les cartes.

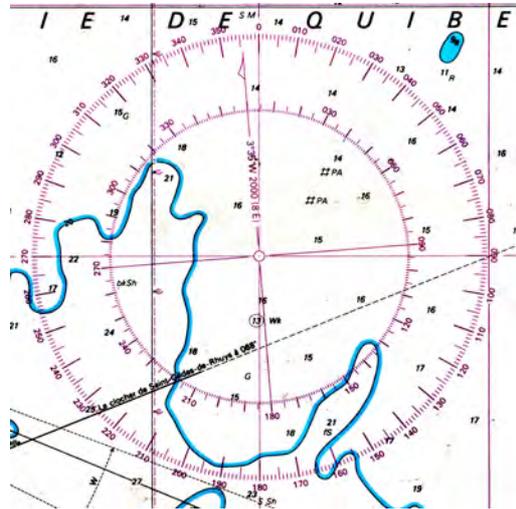
L'indication de la valeur de cette déclinaison a l'aspect: 2°35 E 2004 (5'E), ce qui doit être lu comme:

- La déclinaison a comme valeur, au point de la carte considéré, 2°35', vers l'est (donc positive), ce en 2004.
- Elle varie de 5' vers l'est (et donc s'ajoute à la déclinaison de base) chaque année.

Exemple: sur la carte 9999, on lit 3°35W 2000 8'E. Quelle est la valeur de la déclinaison en 2008?

Réponse: la déclinaison varie de chaque année de 8'E. Entre 2000 et 2008, elle aura varié de 64' vers l'est (soit 1°04'), donc positive. Cette modification s'ajoute algébriquement à la valeur en 2000, qui était 3°35W, donc négative. Le résultat est 2°30W.

Nota: bien que, logiquement, les calculs d'angle doivent être rendus avec une précision de 0,5°, dans les calculs de déclinaison et de correction, il faut simplifier les calculs uniquement à la fin de la chaîne de calculs.



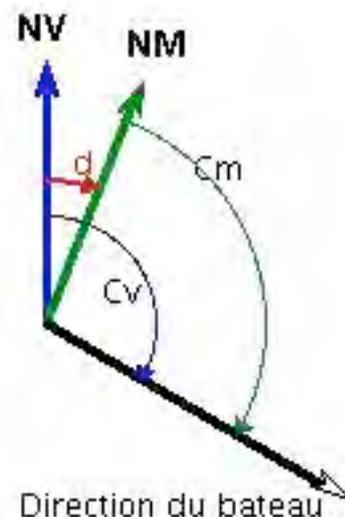
Passage du Cap magnétique au Cap vrai

Le cap est défini comme la direction du navire par rapport au nord. Du fait de l'existence de deux "Nord", on pourra définir deux caps: le cap vrai, mesuré par rapport au nord géographique, et le cap magnétique, mesuré par rapport au Nord magnétique. Le cap vrai est alors égal au cap magnétique augmenté de la déclinaison, bien sûr de façon algébrique: si la déclinaison est négative, le cap vrai est inférieur au cap magnétique.

Cette relation concerne toutes les directions mesurées; c'est le cas des relevements; le relevement vrai Rv et le relevement magnétique Rm (mesuré à l'aide du compas de relevement) sont reliés entre eux par $Rv=Rm+D$

Mais elle ne concerne pas:

- Les alignements, qui sont des "phénomènes remarquables" liés uniquement à la cartographie: la variation du compas ne va pas influencer sur le fait que la flèche d'un clocher et un phare donnent une direction!
- Le gisement. Celui-ci est en effet relié au cap et au relevement par la formule $g=R-C$. Comme il s'agit d'une différence, le fait de considérer les données sous leur forme "vraie" ou "magnétique" n'influe pas sur le résultat.



Le cap vrai est la somme algébrique du cap magnétique et de la déclinaison:
 $Cv=Cm+D$

Nord magnétique et compas

Une deuxième correction à apporter est due au fait que le compas n'indique pas le nord magnétique. Les causes de perturbations sont nombreuses, essentiellement d'une part la présence de masses magnétiques (métaux ferreux, autres compas) autour du compas et d'autre part la création de champs magnétiques par le courant électrique utilisé à bord du bateau.

Il est nécessaire de minimiser cette modification par une disposition judicieuse des circuits électriques, l'éloignement des masses métalliques. Dans le meilleur des cas, le compas sera "compensé": l'adjonction de petits aimants judicieusement placés dans l'environnement immédiat du compas, réglables en direction de façon indépendante... permettra de minimiser la différence entre le nord magnétique indiqué par le compas et sa véritable direction.

Déviaton

La déviation du compas est la mesure de la différence, en valeur algébrique, entre la direction du nord du compas et le nord magnétique. Elle a pour symbole la lettre "d" et, tout comme la déclinaison, elle a un signe: positive vers l'est, et négative vers l'ouest. La déviation est donc positive quand le nord du compas se trouve à droite (vers l'Est) du nord magnétique.

Modification de la déviation

La déviation n'est en général pas fixe, mais elle varie avec le cap du navire; si le compas est bien compensé, la valeur moyenne de cette déviation est pratiquement nulle, et sa valeur maximale ne dépasse pas 2 ou 3°.

La modification de la déviation avec le cap du bateau est le plus souvent traduite sous forme d'une courbe, en portant en abscisses la valeur de cette déviation, et en ordonnées le cap compas du bateau.; si le compas est compensé, la courbe passe successivement des valeurs positives aux valeurs négatives et vice-versa.

La courbe de la déviation devrait être réalisée pour chaque compas

Passage du nord du compas au nord magnétique

Le raisonnement mené plus haut sur la déclinaison est transposable pour la déviation, à quelques remarques près. Du fait que la déviation dépend de l'angle de la mesure, le gisement est affecté par cette déviation. En effet, supposons un bateau qui fait cap au 30°, qui relève un amer à 90°. Le gisement de celui-ci est de 60°; obtenu par différence entre 90 et 30. La déclinaison affecte chaque terme de cette différence de la même manière; le gisement est indépendant de ce facteur. En revanche, la déviation, qui n'est pas la même à 30° qu'à 90°, va affecter ce calcul; le gisement aura sa valeur modifiée.

D'une façon similaire à ce qui a été vu pour la déclinaison:

Le cap magnétique est la somme algébrique du cap compas et de la déviation:
 $Cm=Cc+d$

La Variation Formulation

Reprenons les formules que nous venons de voir, concernant le cap:

$$Cm=Cc+d$$

$$Cv=Cm+D$$

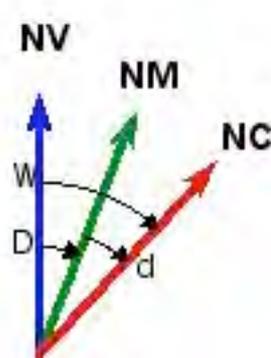
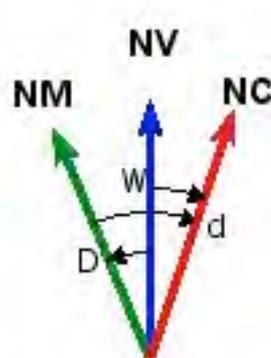
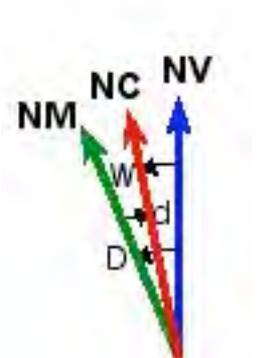
En d'autres termes, on passe de Cc à Cm en ajoutant d, de Cm à Cv en ajoutant D. On a donc: $Cv=Cc+d+D$. La valeur de la somme algébrique d+D est appelée **Variation**, symbolisée

par la lettre W. Comme la déviation et la déclinaison, c'est une valeur algébrique, dont le signe: positif si elle est vers l'est, c'est à dire quand le nord donné par le compas se situe à l'est (à la droite sur les cartes) du nord vrai.

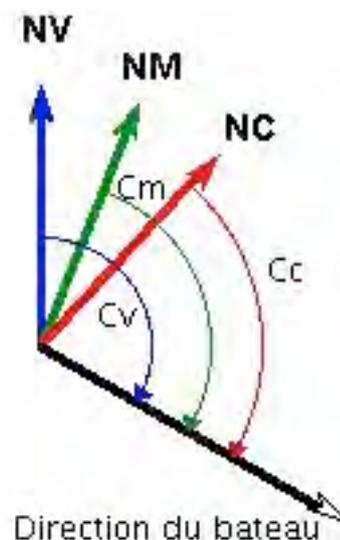
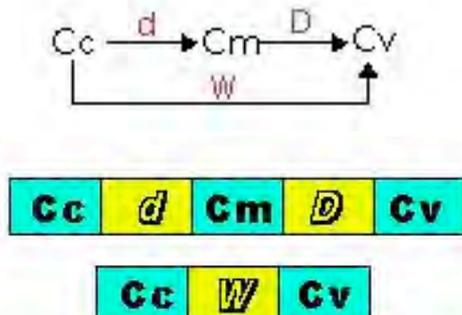
Le cap vrai est la somme algébrique du cap compas et de la Variation: $C_v = C_c + W$
La variation est la somme algébrique de la déviation et de la déclinaison: $W = d + D$

Récapitulatif

On peut traduire sur un schéma les directions des trois nord ainsi déterminés: le nord vrai, le nord magnétique et le nord compas, en prenant plusieurs éventualités et en se rappelant que d, D et W sont des quantités algébriques, ce qui signifie qu'elles peuvent être positives ou négatives, selon le sens du trajet pour passer d'une direction à l'autre:

 <p>Schéma 1</p>	 <p>Schéma 2</p>	 <p>Schéma 3</p>
<p>Premier cas: déclinaison et variation sont de même sens. La Variation W, somme de deux nombres de même signe, garde donc ce signe (sur le schéma, positif)</p>	<p>Deuxième cas: la déclinaison est négative (Nord magnétique à l'ouest du nord vrai); la déviation est positive (Nord compas à l'est du Nord magnétique); la Variation, somme algébrique de la déclinaison et de la déviation) peut être soit positive (comme sur le schéma 2) soit négative (comme sur le troisième schéma) selon l'importance relative de d et D.</p>	

En ce qui concerne les caps, on peut reprendre le schéma général du repérage de la route du bateau par rapport aux trois directions du Nord. On peut schématiser, toujours en valeurs algébriques, la relation entre C_c , C_m et C_v de deux façons:



Les schémas peuvent se lire de gauche à droite, en additionnant chaque fois la valeur algébrique de d ou D, mais de même de droite à gauche en ôtant (toujours algébriquement) d ou D.

Exemple 1: La déviation d'un compas est de 2° au cap compas 0°, de 1° au cap 45°, de 0° au cap 90°, de -1° au 135, de 0,5 au 180, de 0 au 225, de 0,5 au 270, de 1 au 315°. La déclinaison étant de 3° W, tracer la courbe de déviation de ce compas.

Dans les mêmes conditions, on repère un amer au compas, qui indique 52°. Quel est le relèvement exact qu'on portera sur la carte?

Quel est le cap indiqué par le compas du navire indique qu'il faudra suivre pour garder un cap vrai de 182°?

La courbe de déviation est obtenue en portant en abscisses (axe horizontal) la valeur algébrique de la déviation, et en ordonnées le cap magnétique. On peut, pour chaque relevé, calculer le cap magnétique correspondant: $C_m = C_c + d$, qui est la valeur qu'il faut utiliser lors du report sur la courbe (en fait, la différence est infime!).

On ne tient bien évidemment compte de la déclinaison, qui a été ici introduite dans le but... de tromper le candidat!

On peut donc établir le tableau:

Cc	0	45	90	135	180	225	270	315
Cm	2	46	90	134	180,5	225	270,5	316
d	2	1	0	-1	0,5	0	0,5	1

Le cap compas, 52°, est voisin de 45°. On prendra donc comme déviation 1°; la déclinaison est de -3° (elle est ouest) et la Variation donc de -2°. Le cap vrai est donc $C_v = C_c + W = 52° - 2° = 50°$

La valeur 182° est proche de 180°, où la déviation est de 0,5° et la Variation de -2,5°. On applique la formule classique $Z_v = Z_c + W$, ou $Z_c = Z_v - W$ et donc $Z_c = 182 - (2,5) = 184,5°$.

Exemple 2. On veut tracer la courbe de déviation d'un compas. Pour cela, en position fixe sur l'alignement à 293° du Phare de Port-Maria par celui de La Teignouse, on observe la valeur de celui-ci rapportée par le compas, lors d'un tour complet du navire. Les valeurs sont les suivantes: Cc:0° Zc=298°; Cc=42°, Zc=295°; Cc=87°, Zc=291°; Cc=143°, Zc=292°; Cc=184°, Zc=297°; Cc=220°, Zc=295°; Cc=272°, Zc=294°; Cc=310°, Zc=300°.

Sachant que la déclinaison est de 3°W, donner la courbe de la déviation du compas.

Réponse

On connaît la relation qui lie le relèvement vrai, le relèvement compas et la variation: $W = Z_v - Z_c$. On peut alors calculer la variation pour chaque direction du bateau (Cc) puis en déduire la déviation: $d = W - D$. On a alors d pour chaque valeur de Cc, qu'on peut modifier en Cm en lui ajoutant la valeur d trouvée.

Pour les différentes observations, on est conduit au tableau ci-contre.

Cc	Zc	Zv	$Z_v - Z_c = W$	$W - (-3) = d$	Cm
0	298	293	-5	-2	-2
42	295	293	-2	1	43
87	291	293	2	5	92
143	292	293	1	4	147
184	297	293	-4	-1	183
220	295	293	-2	1	221
272	294	293	-1	2	274
310	300	293	-7	-4	306

Utilisation des règles-rapporteurs

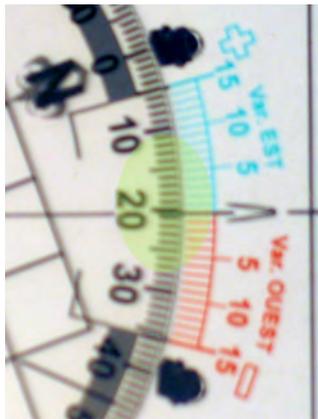
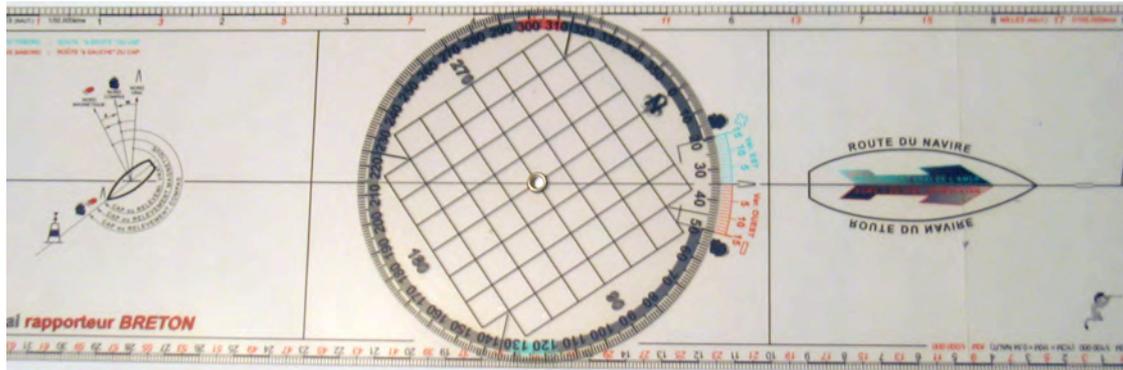
Règle CRAS

L'utilisation de la règle CRAS n'est pas modifiée par l'existence d'une Variation. Seuls les angles à reporter sont modifiés par le calcul avant le report sur la carte ou après la lecture sur celle-ci, selon qu'on cherche à faire le point ou à déterminer un cap.

Rapporteur breton

Le rapporteur breton, du fait de sa conception, intègre "automatiquement" la Variation pour la détermination du point ou du cap. C'est son très grand avantage.

Rappel de sa description



Le rapporteur breton comprend une partie mobile, qui porte les graduations de 0 à 360° et qui doit être mise en concordance avec les parallèles ou les méridiens de la carte. Cette graduation est masquée sauf au niveau de l'axe longitudinal (du côté de la flèche indiquant la direction) et des deux extrémités de l'axe transversal de la règle. De plus, au niveau de la zone de lecture "centrale", une échelle angulaire est portée sur la partie fixe.

Utilisation

Cette échelle sur la partie fixe permet de tenir compte de la Variation (Ouest en rouge, affectée d'un signe moins, et Est en vert, affectée d'un signe plus) par translation du zéro.

Au lieu de faire coïncider (ou de lire) la valeur du relèvement ou du cap sur la "ligne de foi" de la règle, on décale ce point de mesure d'un angle égal à la Variation, en choisissant le bon côté. Ceci élimine la correction du cap ou de la route par la Variation.

Utilisation pratique de ces corrections

Ces corrections, indispensables pour déterminer le cap d'un bateau, sont utilisées dans les deux sens:

- Lors du relèvement d'un amer (on suppose que le compas de relèvement est affecté d'une déviation comparable à celle du compas de route), il faut corriger les relèvements (compas) en leur ajoutant (algébriquement) la Variation, afin d'obtenir les relèvements vrais. Ces relèvements permettent de tracer, sur la carte, la route à suivre, et de déterminer le cap.
- Une fois ce cap vrai déterminé, on en retranche (toujours avec son signe éventuel) la Variation pour obtenir le cap compas, celui qui doit être donné à l'homme de barre pour se diriger sur la bonne route.

Limites à ces corrections

Ces corrections, indispensables, ne tiennent toutefois pas compte de deux autres sources de modifications de la route du bateau: la dérive (angle "imposé" par le vent, qui dévie le bateau en le "poussant" "en crabe" sur la route décrite en surface), et les courants, qui déroulent un véritable tapis roulant sous le bateau. Ces deux contraintes supplémentaires pour la navigation seront étudiées dans un chapitre à part.

TABLE DES MATIÈRES DU CHAPITRE 5

ORIGINE DU PROBLEME	1
RAPPELS:	1
NORD VRAI ET NORD MAGNETIQUE	1
DEFINITIONS	1
LA DECLINAISON	1
<i>Définition</i>	<i>1</i>
<i>Symbolisme</i>	<i>2</i>
<i>Passage du Cap magnétique au Cap vrai</i>	<i>2</i>
NORD MAGNETIQUE ET COMPAS	3
DEVIATION	3
MODIFICATION DE LA DEVIATION	3
PASSAGE DU NORD DU COMPAS AU NORD MAGNETIQUE	3
LA VARIATION FORMULATION	3
RECAPITULATIF	4
UTILISATION DES REGLES-RAPPORTEURS	5
REGLE CRAS	5
RAPPORTEUR BRETON	5
<i>Rappel de sa description</i>	<i>6</i>
<i>Utilisation</i>	<i>6</i>
UTILISATION PRATIQUE DE CES CORRECTIONS	6
LIMITES A CES CORRECTIONS	6