

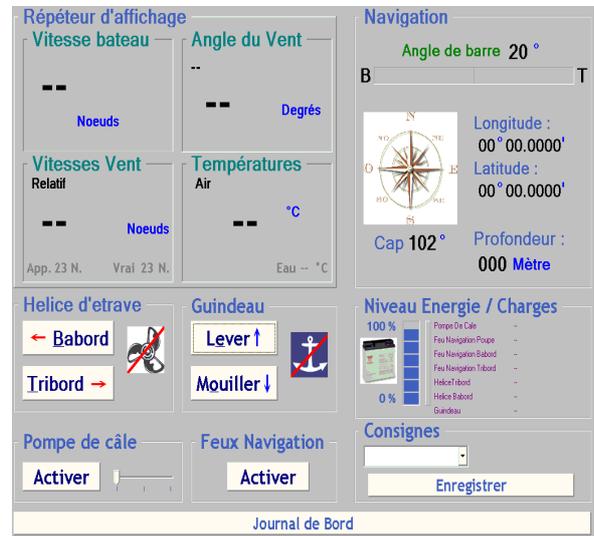
Étude de cas : Système d'aide à la navigation

Les systèmes utilisés dans la marine (plaisance, régates, professionnel, ...) se développent sans cesse, améliorant ainsi la sécurité et le confort de l'utilisateur. Ils sont de plus en plus constitués de capteurs intelligents, d'instruments de navigation, de calculateurs, ... et de bus de communications.

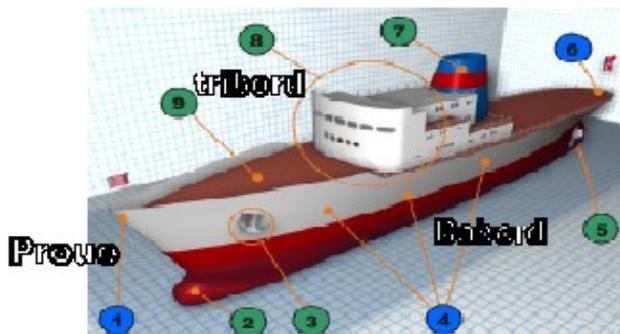
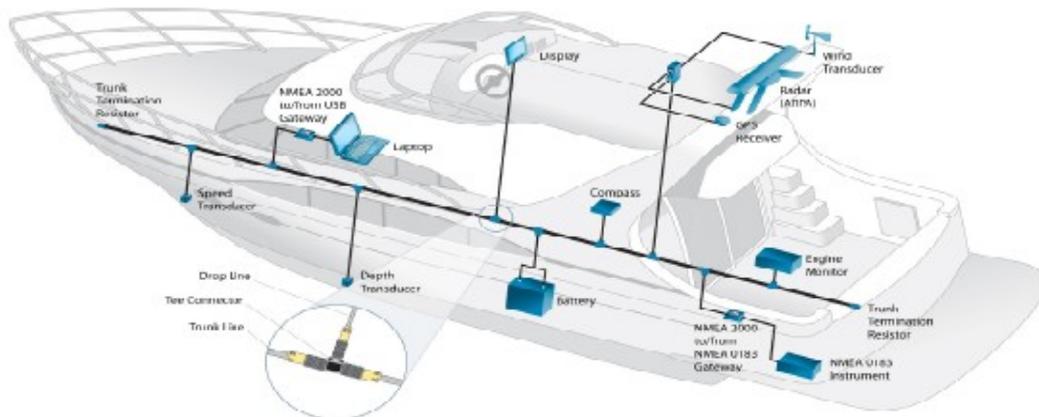
Une centrale de navigation permet d'avertir le skipper sur les conditions climatiques, son itinéraire, sans qu'il ne soit obligé de bouger de son cockpit.

Le système permet aussi de commander la plupart des actionneurs (feux de navigation, pompe de cale, distribution,...) et de centraliser les informations (température, vitesse, énergie, ...).

Il existe deux standards définis et contrôlés par la National Marine Electronics Association (NMEA), association américaine de fabricants d'appareils électroniques maritimes :

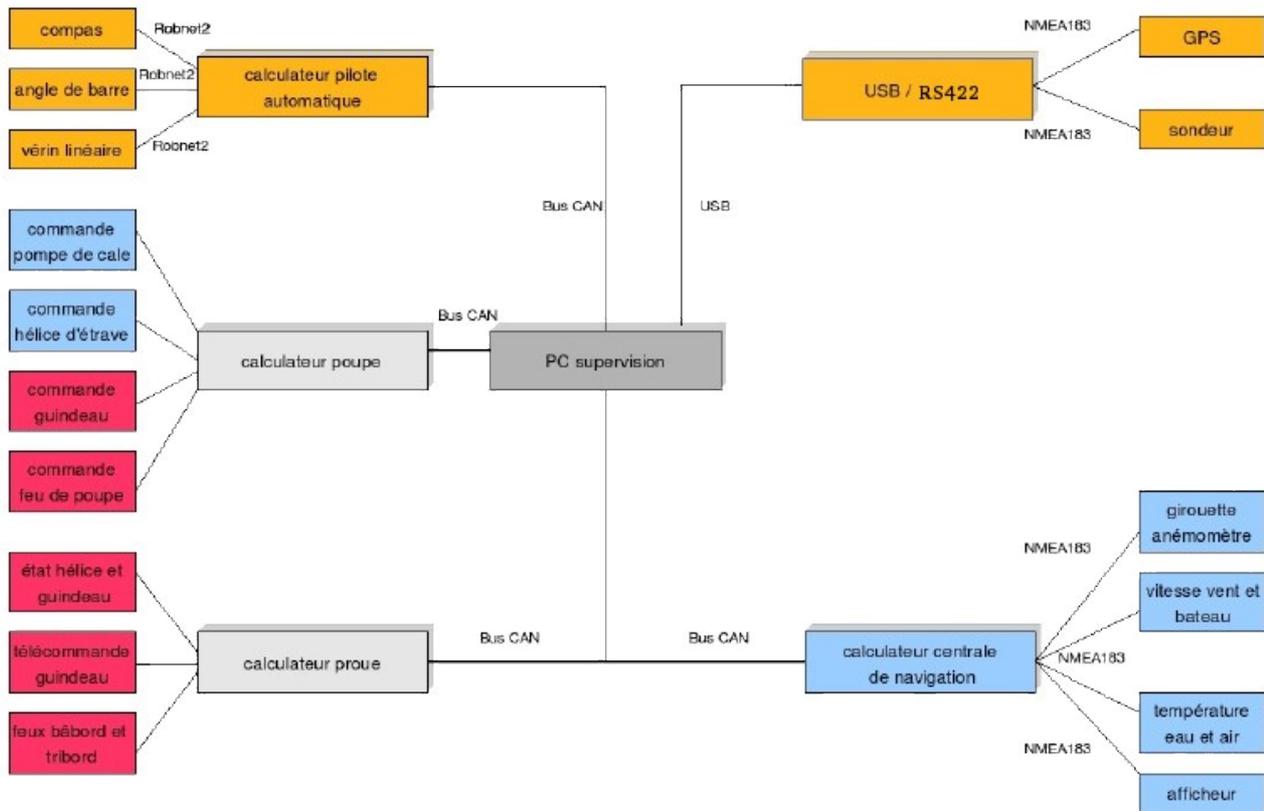


- La norme NMEA0183 : une interface de communication série pour transmettre une "phrase" à un ou plusieurs écoutants. Le protocole d'une trame NMEA0183 utilise les caractères ASCII (le '\$' est le délimiteur de début).
- La norme NMEA 2000 : standard d'octobre 2001 pour les réseaux Serial-Data à 250 kbits/s (sur 200 m) utilisant un contrôleur CAN et comprenant 50 noeuds.



- 1- proue ou étrave,
- 2- bulbe d'étrave,
- 3- ancre,
- 4- bordé de la coque,
- 5- hélice d'étrave,
- 6- poupe,
- 7- cheminée,
- 8- superstructure,
- 9- pont.

L'architecture du système :



Les différents calculateurs sont :

- Module calculateur proue DEI-2123 d'Exxotest
- Module calculateur poupe DEI-2124 d'Exxotest
- Module pilote automatique AC10 de Simrad

Les différents éléments étudiés seront :

- **les feux de navigation** : sur le module proue, on retrouve le feu bâbord et tribord. Sur le module poupe on a le feu de poupe. Ce sont des feux de signalisation pour éviter les collisions. Les normes veulent que le feu de bâbord soit rouge, tribord vert et le feu de poupe blanc.
- **le guindeau** : situé sur le module poupe, il permet de lever ou de mouiller l'ancre. Le **guindeau** est un treuil à axe horizontal utilisé sur les navires pour relever l'ancre. Il est également utilisé pour virer les aussières. Le guindeau se trouve généralement sur le gaillard d'avant, au-dessus du puits aux chaînes. Son fonctionnement est hydraulique, électrique, ou à vapeur.
- **le pilote automatique** : comprenant un pupitre SIMRAD AP16, un calculateur AC10, un compas fluxgate RFC35, un capteur d'angle RF300 et un groupe hydraulique V2H40

Les messages CAN des deux calculateurs proue et poupe ont été définis par la société Exxotest et utilisent des identifiants propriétaires non certifiés NMEA2000. Les détails de ces messages sont fournis dans la documentation technique. La messagerie et la composition des messages sont identiques selon la version du calculateur (proue ou poupe). Les ID des messages sont décomposés de la manière suivante :

- 0x23X pour le calculateur « proue »
- 0x24X pour le calculateur « poupe »
- 0x1xx pour la centrale de navigation

Les messages du calculateur pilote automatique sont eux certifiés NMEA2000.

Les informations indispensables pour l'envoi et/ou la réception des messages CAN sont :

- Identifiant du message codé sur 11 bits (standard) ou 29 bits (étendu)
- Longueur des données codé sur 1 octet.
- Les données sur 1 à 8 octets.

Les messages NMEA 2000 sont organisés en PG (Parameter Group) qui sont identifiés par un PGN (Parameter Group Number) qui apparaît dans le champ ID (Identifiant) d'un message CAN.

Structure des identifiants étendus (29 bits) des messages NMEA 2000 :

28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Priority			MSB ID (pgn)											LSB ID (pgn)								Source Address *							

Remarque sur le champ Source Address :

Chaque appareil du réseau doit posséder une adresse source sur 8 bits (*). Les adresses 0 à 251 (soit un total de 252 adresses disponibles) sont réservées à cet usage. L'adresse 255 est une adresse globale qui spécifie un envoi à tous les noeuds du réseau (*broadcast*). La valeur 254 est une adresse nulle réservée pour rapporter un problème lorsqu'une adresse n'a pu être trouvée. Les adresses 253 et 252 ont été réservées à un usage futur.

On ne s'intéressera qu'aux messages NMEA 2000 dont les PGN sont :

- **127 245** → **Angle de barre - Rudder (équivalent NMEA183 RSA)**
- **127 250** → **Compas - Vessel Heading (équivalent NMEA183 HDG/HDT)**

PGN 127 250 : Compas - Vessel Heading

Field 1	Field 2		Field 3		Field 4		Field 5
..
SID	Heading Résolution : 0,0001 rad		Deviation		Variation		Reference (2 bits) 0=True 1=Magnetic

Remarques : les données sur 16 bits sont stockées en **little endian**. Si un champ contient la valeur 0x7FFF cela signifie que les données ne sont pas disponibles (data not available).

PGN 127 245 : Angle de barre - Rudder

Field 1	Field 2/3	Field 4		Field 5		Field 6	
..
Instance	Direction Order (2 bits)	Angle Order		Position Résolution : 0,0001 rad		Reserved	

Remarques : les données sur 16 bits sont stockées en **little endian**. Si un champ contient la valeur 0x7FFF cela signifie que les données ne sont pas disponibles (data not available).

I. Capture des messages NMEA2000 du pilote automatique

Message	Length	Data	Period	Count
08FF2801h	8	41 9F FF FF FF FF 01 FF		1
08FF3C01h	8	41 9F 10 F9 FE F8 00 80	1000	20
09F10501h	8	83 33 FF FF FF FF FF FF	1	20
09F10D01h	8	FF FF FF 7F 19 02 FF FF	200	96
09F11201h	8	FF 50 33 FF 7F FF 7F FD	200	96
0DFF1801h	8	42 96 50 C0 FF FF FF FF	0	9
18EEFF01h	8	B8 3F 34 E8 00 96 50 C0		1
1CFF1601h	8	41 9F 0A 09 00 00 28 FF	135	2
1CFF2B01h	8	41 9F FF 08 01 FF 00 FF	500	8

Exemple pour le PGN 127 245 :

127 245 → 0x1F10D **010 01 1111000100001101 00000001 = 0x09F10D01**

Exercice n°1 : Déterminer le PGN contenu dans l'identifiant CAN 0x09F11201.

Réponses :

Exercice n°2 : Déterminer le cap du navire en radian puis en degré.

Réponses :

Field 1	Field 2		Field 3		Field 4		Field 5
FF			FF	7F	FF	7F	FD 1111 1101
SID	Heading Résolution : 0,0001 rad		Deviation		Variation		Reference (2 bits) 0=True 1=Magnetic

Cap du navire en radian :

Cap du navire en degré :

Exercice n°3 : Déterminer l'angle de barre en radian puis en degré.

Réponses :

Field 1	Field 2/3	Field 4		Field 5		Field 6	
FF	FF	FF	7F			FF	FF
Instance	Direction Order (2 bits)	Angle Order		Position Résolution : 0,0001 rad		Reserved	

Angle de barre en radian :

Angle de barre en degré :

II. Capture des messages CAN des calculateurs PROUE et POUPE

	Heure	Ident	Lg	Données	Période	Svc	Emett...
TX	00:14:44.0231	000	8	13 24 00 02 00 00 00 00	0.1	DA	
TX	00:14:44.0984	232	5	00 00 00 02 00	38.8	DA	
TX	00:14:44.1160	245	1	00	30.7	DA	
TX	00:14:43.9553	09F11201	8	FF 62 EA FF 7F FF 7F FD	199.9	DA	
TX	00:14:43.9561	09F10D01	8	FF FF FF 7F 3D F8 FF FF	200.0	DA	
TX	00:14:44.1076	233	6	03 76 03 5F 00 00	38.5	DA	
TX	00:14:44.0980	240	8	00 3A 01 01 00 59 4C 45	45.1	DA	
TX	00:14:44.1060	242	5	00 50 00 05 00	45.1	DA	
TX	00:14:44.0901	230	8	00 3A 01 01 00 59 4C 45	38.5	DA	
TX	00:14:44.1155	243	6	03 6E 03 6D 00 00	45.1	DA	
TX	00:14:43.7796	08FF3C01	8	41 9F 10 F9 FE F8 00 80	946.0	DA	
TX	00:14:42.8328	09F10501	8	43 EA FF FF FF FF FF FF	0.8	DA	
TX	00:14:39.0173	18EEFF01	8	B8 3F 34 E8 00 96 50 C0	30450.9	DA	
TX	00:14:43.2049	08FF2801	8	41 9F 04 FC FD FF 01 FF	999.9	DA	

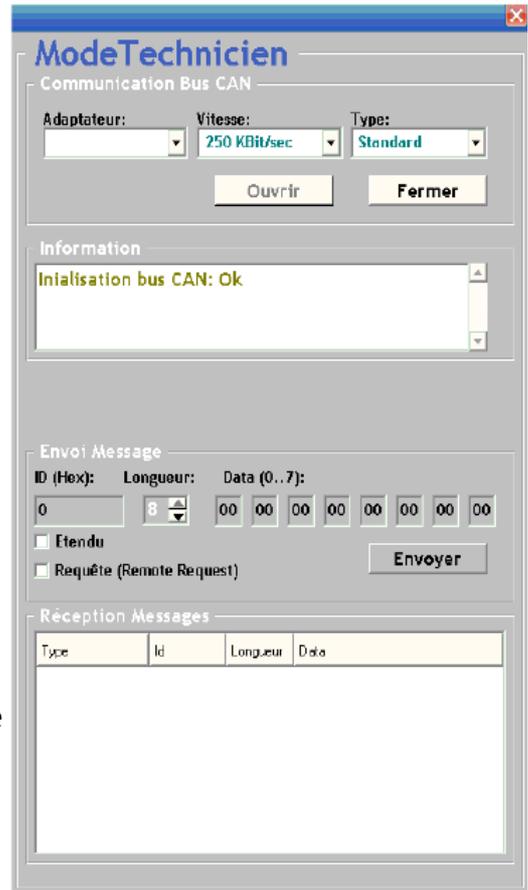
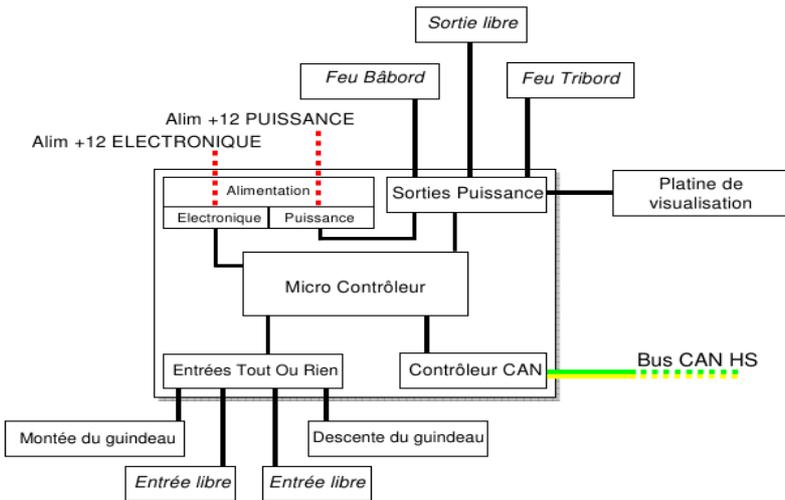
Exercice n°4 : À partir de la documentation technique fournie, décoder le messages 0x233.

Réponses :

IDENT : 0x233 (L = 6 octets) : Emission par le calculateur.

Trame de mesure des tensions d'alimentation électroniques, de puissance et de la sortie OUT1.

Octet	Description	Valeurs
1	MSB de la tension d'alimentation électronique	Tension non étalonnée codée sur 10 bits (15.3 mV/bit) Ex : 0x02D3 = 723 en décimal 723 x 0.0153 = 11.06 volts
2	LSB de la tension d'alimentation électronique	
3	MSB de la tension d'alimentation puissance	
4	LSB de la tension d'alimentation puissance	
5	MSB de la tension de sortie OUT1	
6	LSB de la tension de sortie OUT1	



Le technicien a la possibilité d'envoyer des messages CAN sur le bus.

Exercice n°5 : Déterminer les éléments du message CAN à émettre afin d'allumer uniquement les feux babord et tribord de la proue.

Réponses :

Id message	Longueur	Donnée(s)

IDENT : 0x231 (L = 3 octets) : Réception par le calculateur.

Trame pilotant les relais électroniques OUT1, OUT2, OUT3, OUT4, OUT5, OUT6 et OUT7.

Octet	Description	Valeurs
1	Commande des feux de navigation	0x01 : OUT6 0x02 : OUT7 0x04 : feu bâbord (OUT4) 0x08 : feu tribord (OUT5) 0x10 : hélice à tribord (OUT2) 0x20 : hélice à bâbord (OUT3) 0x40 : OUT1 High 0x80 : OUT1 Haute Impédance
2	Commande PWM de la sortie OUT6	0x00 : rapport cyclique 0% 0x7F : rapport cyclique 50% 0xFF : rapport cyclique 100%
3	Commande PWM de la sortie OUT2	0x00 : rapport cyclique 0% 0x7F : rapport cyclique 50% 0xFF : rapport cyclique 100%

Remarque : en mode Sleep, le PWM ne fonctionne pas : soit relais ON, soit relais OFF.

III . Capture des messages NMEA183 GPS

```
$GPGGA,111841.000,4405.1958,N,00457.8627,E,1,05,2.54,44.9,M,49.1,M,,*5E
$GPGSA,A,3,06,20,07,10,09,,,,,,,,,2.71,2.54,0.95*02
$GPRMC,111841.000,A,4405.1958,N,00457.8627,E,0.76,225.51,240115,,A*6C
$GPVTG,225.51,T,M,0.76,N,1.40,K,A*38
...
$GPGSV,3,1,12,20,79,354,16,23,74,056,,09,71,233,16,06,54,298,25*79
```

La norme 0183 utilise une simple communication série pour transmettre une "phrase" (sentence) à un ou plusieurs écoutants. Sous ce standard, toutes les données sont transmises sous la forme de caractères ASCII, ainsi que les caractères [CR] (Retour Chariot) et [LF] (Retour à la ligne) pour délimiter les fins de trame, à la vitesse de transmission de 4800 bauds (8 bits de données, pas de parité, 1 bit d'arrêt).

Il existe plus d'une trentaine de trames GPS différentes. Le type d'équipement est défini par les deux caractères qui suivent le \$. Le type de trame est défini par les caractères suivants jusqu'à la virgule. Les deux premiers caractères après le signe \$ (*talker id*) identifient l'origine du signal. Les principaux préfixes sont :

- BD ou GB - Beidou ;
- GA - Galileo ;
- GP - GPS ;
- GL - GLONASS.

Puis un groupe de 3 lettres pour l'indentifiant de la trame. Par exemple :

- GGA : pour GPS Fix et Date
- GLL : pour Positionnement Géographique Longitude-Latitude
- GSA : pour DOP et satellites actifs
- GSV : pour Satellites visibles
- VTG : pour Direction (cap) et vitesse de déplacement (en noeuds et Km/h)
- RMC : pour données minimales exploitables spécifiques

La trame GGA est très courante car elle fait partie de celles qui sont utilisées pour connaître la position courante du récepteur GPS. Une autre trame très courante pour les bateaux est la RMC, qui donne l'heure, la latitude, la longitude, la date, ainsi que la vitesse et la route sur le fond mais pas l'altitude.

Exercice n°6 : Calculer la durée de transmission de la phrase GSA.

Réponses :

Exercice n°7 : À partir de la documentation technique fournie, décoder les phrases GGA, RMC et VTG. Préciser les unités.

Réponses :

Latitude :

Longitude :

Altitude :

Nb satellites :

Vitesse :

Cap :

GGA—Global Positioning System Fixed Data

Note – Fields marked in italic *red* apply only to NMEA version 2.3 (and later) in this NMEA message description.

Table 1-3 contains the values for the following example:

\$GPGGA, 161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M, , , 0000*18

Table 1-3 GGA Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table 1-4
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation		meters	
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR> <LF>			End of message termination

Table 1-4 Position Fix Indicator

Value	Description
0	Fix not available or invalid
1	GPS SPS Mode, fix valid
2	Differential GPS, SPS Mode, fix valid
3-5	Not supported
<i>6</i>	<i>Dead Reckoning Mode, fix valid</i>

Note – A valid position fix indicator is derived from the SiRF Binary M.I.D. 2 position mode 1. See the *SiRF Binary Protocol Reference Manual*.

RMC—Recommended Minimum Specific GNSS Data

Note – Fields marked in italic *red* apply only to NMEA version 2.3 (and later) in this NMEA message description.

Table 1-11 contains the values for the following example:

\$GPRMC, 161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598, ,*10

Table 1-11 RMC Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPRMC		RMC protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Status ¹	A		A=data valid or V=data not valid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Speed Over Ground	0.13	knots	
Course Over Ground	309.62	degrees	True
Date	120598		ddmmyy
Magnetic Variation ²		degrees	E=east or W=west
<i>Mode</i>	<i>A</i>		<i>A=Autonomous, D=DGPS, E=DR</i>
Checksum	*10		
<CR> <LF>			End of message termination

1. A valid status is derived from the SiRF Binary M.I.D.2 position mode 1. See the *SiRF Binary Protocol Reference Manual*.

2. SiRF Technology Inc. does not support magnetic declination. All "course over ground" data are geodetic WGS84 directions.

VTG—Course Over Ground and Ground Speed

Note – Fields marked in italic *red* apply only to NMEA version 2.3 (and later) in this NMEA message description.

Table 1-12 contains the values for the following example:

\$GPVTG, 309.62,T, ,M,0.13,N,0.2,K,A*23

Table 1-12 VTG Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPVTG		VTG protocol header
Course	309.62	degrees	Measured heading
Reference	T		True
Course		degrees	Measured heading
Reference	M		Magnetic ¹
Speed	0.13	knots	Measured horizontal speed
Units	N		Knots
Speed	0.2	km/hr	Measured horizontal speed
Units	K		Kilometers per hour
<i>Mode</i>	<i>A</i>		<i>A=Autonomous, D=DGPS, E=DR</i>
Checksum	*23		
<CR> <LF>			End of message termination

1. SiRF Technology Inc. does not support magnetic declination. All "course over ground" data are geodetic WGS84 directions.

Remarque : 1 nœud correspond à 1 mille marin par heure, soit exactement 1,852 km/h

Conversions des coordonnées GPS

"\$GPGGA,084222.000,4405.2015,N,00457.8908,E,1,05,1.7,26.5,M,,0000*3F"

Latitude et longitude dans le format : ddmm.mmmmm et dddmm.mmmmm

Conversion format GPS en degré décimal dd.ddddd

dd + mm.mmmmm/60

4405.2015 → 44 + 05.2015/60 = 44,0867 degrees

Conversion degré décimal dd.ddddd en Degrés Minutes decimal-Seconds (D° M' S")

d = 44.0823

D = int(d) → 44

M = int((d - D) x 60) → ((44.0823 - 44) x 60) = 4,938 = 4

s = (d - D - M/60) x 3600 → (44.0823 - 44 - 4/60) x 3600

ou s = (d - D) x 3600 - M x 60

44.0867 → 44° 5' 12.12"

int() : signifie la partie entière