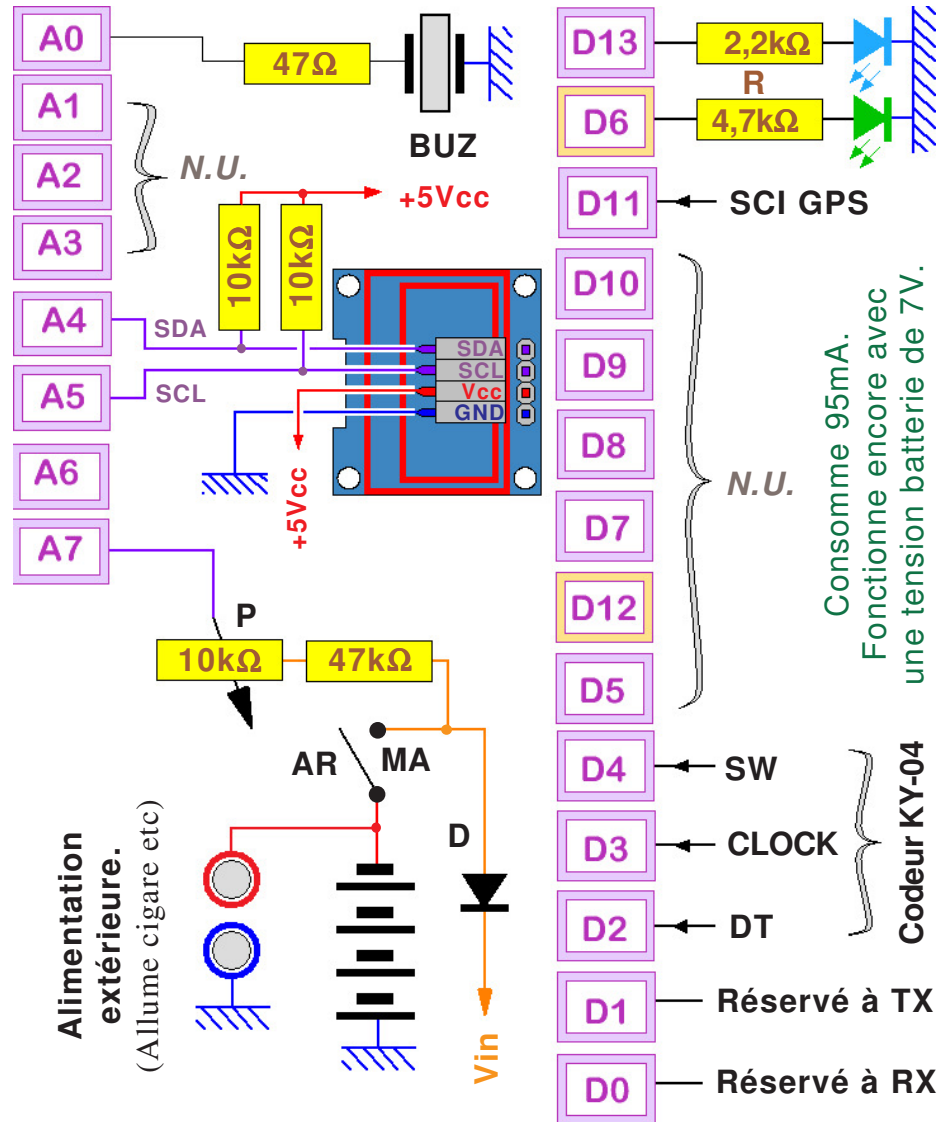


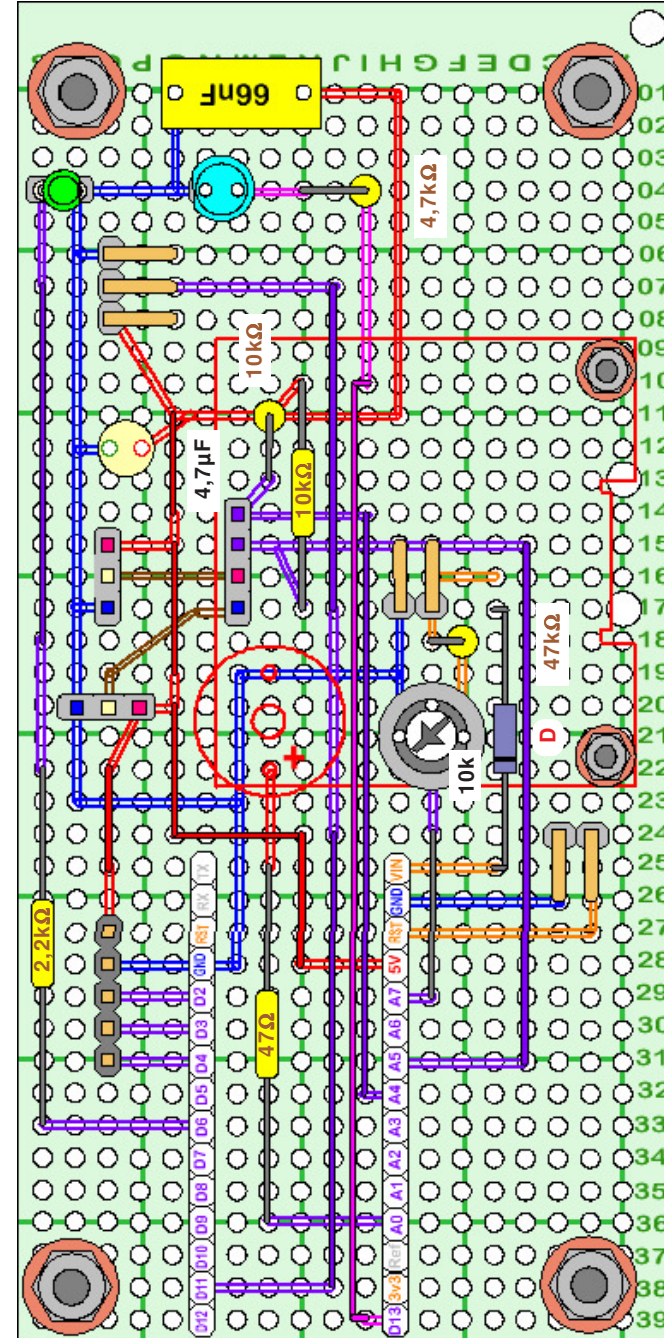
Schéma de l'application n°3.

Les résistances **R** sont à choisir en fonction du rendement des diodes électroluminescente utilisées. La diode **D** protège d'une inversion de tension extérieure. **P** ajuste la précision de la tension affichée en fonction de celle de l'accumulateur rechargeable.



Fiche n°3.

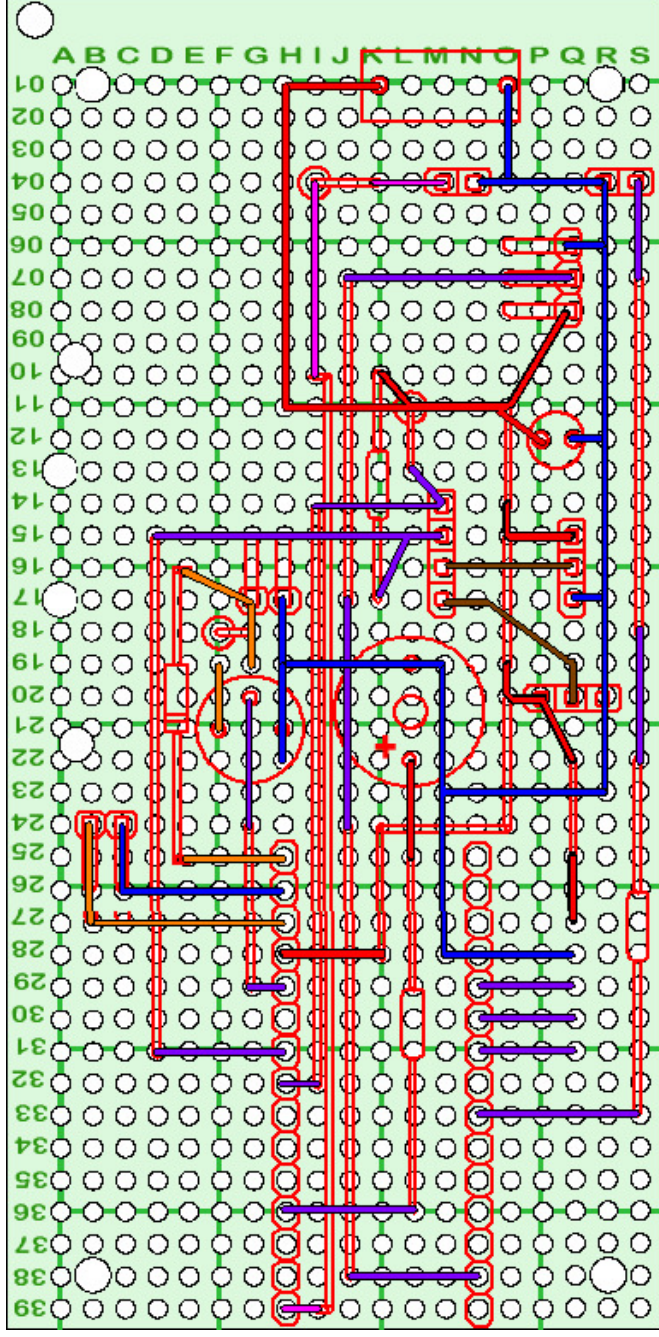
Circuit imprimé vu coté composants



Comme à chaque fois les résistances de limitation de courant dans les LEDs sont choisies en fonction de leur rendement. La diode **D** protège l'électronique contre toute inversion de branchement de l'accumulateur rechargeable.

Circuit imprimé vu coté composants

Fiche n°4.



Les deux condensateurs de découplage du **+5Vcc** ont été implantés suite à une mauvaise interprétation de fonctionnement incorrect lors du développement du programme. Dans la pratique ces deux composants ne sont pas impératifs et il est parfaitement possible de ne pas les implanter sur le circuit imprimé.

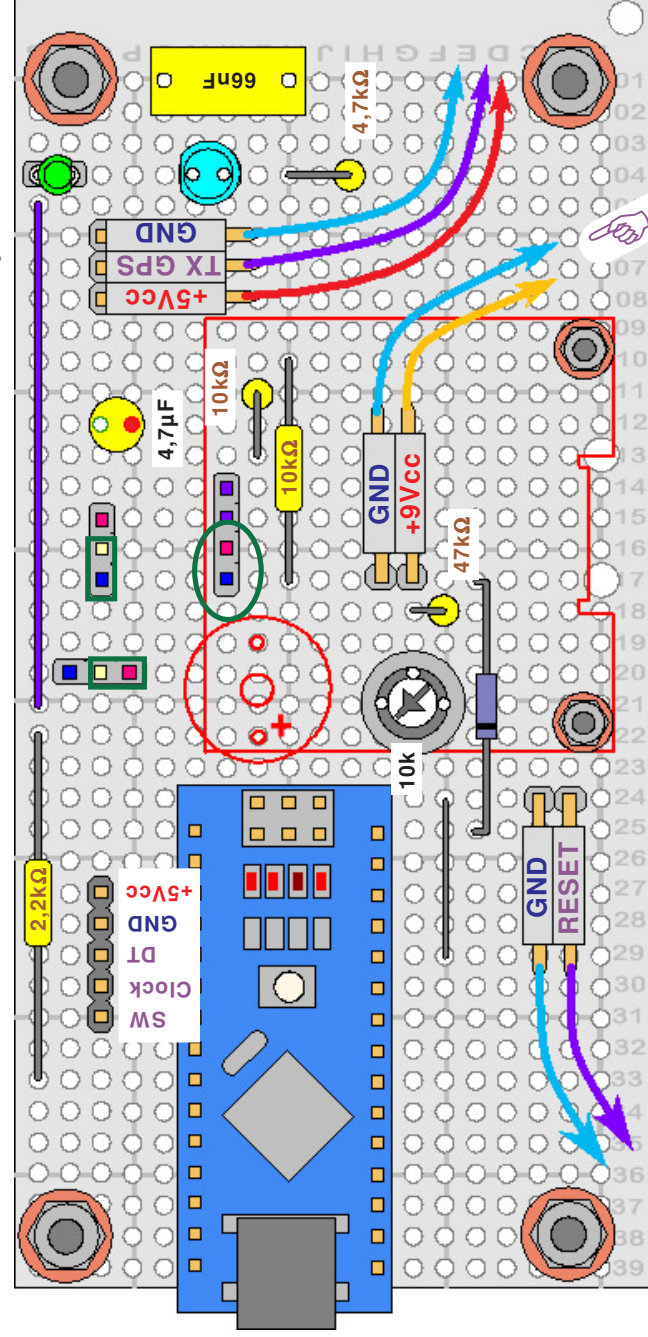
Page 2

Liaisons du circuit imprimé avec les direvs modules

Sous la carte Arduino NANO se trouve la résistance de **47Ω** pour diminuer un peu l'agressivité du petit bruiteur actif. Toute valeur dépassant le **47Ω** conduit à un fonctionnement erratique du buzzer.

Codeur incrémental

Module récepteur GPS



MicroSwitch de
RESET

Les deux "straps" doivent être positionnés pour
respecter la polarisation de l'afficheur OLED

Accumulateur
rechargeable de 9V.

Fiche n°5.

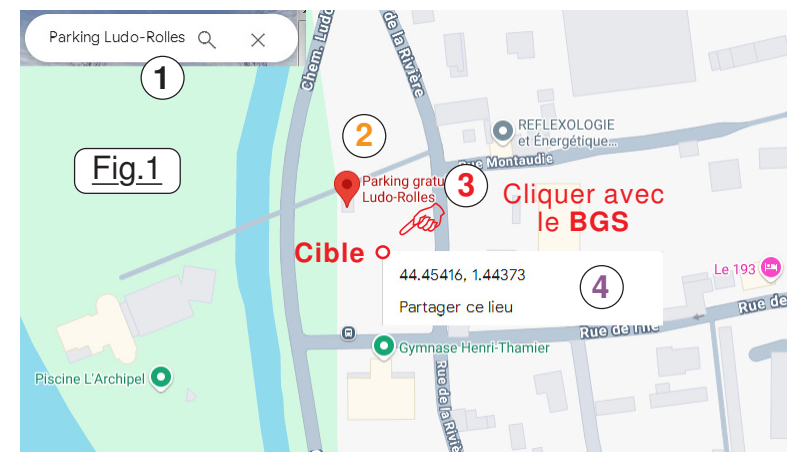
Textes du dialogue H/M USB en EEPROM.

Les accentués dans les cadres jaunes sont codés spécifiquement.
Les options du programme sont en zone bleue. Il ne reste plus qu'un seul octet de disponible repéré par '*'.
Page 3

ADRS	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0512	u		d		:		D	é	p	l	a	c	e	r		u
0528	n		P	I	.		E		o	u		e		:		E
0544	f	f	a	c	e	r		u	n		P	I	.		L	
0560	o	u		l		:		L	i	s	t	a	g	e		d
0576	e	s		P	I		e	n		E	E	P	R	O	M	.
0592		M		o	u		m		:		M	é	m	o	i	r
0608	e		d	y	n	a	m	i	q	u	e	.		Q		o
0624	u		q		:		Q	u	i	t	t	e	r		l	e
0640	s		s	a	i	s	i	e	s	.		S		o	u	
0656	s		:		S	i	l	e	n	c	i	e	u	x	.	
0672	N	u	m		N	o	m	b	r	e		i	n	c	o	r
0688	r	e	c	t	.		D	é	p	l	a	c	e	r		
0704	u	n		P	I		:		E	c	h	a	n	g	e	
0720	a	v	e	c		?	?	?		I	l		n	e		r
0736	e	s	t	e		q	u	'	u	n		s	e	u	l	
0752	P	.	I	.		E	f	f	a	c	e	m	e	n	t	
0768	e	n		c	o	u	r	s	.		P	I		à		e
0784	f	f	a	c	e	r		?		V	a	l	e	u	r	
0800	i	n	c	o	r	r	e	c	t	e		!		E	E	P
0816	R	O	M		p	l	e	i	n	e		!		F	i	n
0832		d	u		d	i	a	l	o	g	u	e		U	S	B
0848	.		B	I	P	s		O	U	I	N	O	N		C	o
0864	m	m	a	n	d	e		i	n	c	o	r	r	e	c	t
0880	e	.		L	o	n	g	u	e	u	r		0		o	u
0896		>		l		!		'	O	'		p	o	u	r	
0912	O	U	I		:		E	f	f	a	c	e	r		v	r
0928	a	i	m	e	n	t		t	o	u	s		l	e	s	
0944	P	I		?		G		o	u		g	:		G	o	
0960	m	m	e	r	-		l	.		I	t	e	m		L	A
0976		L	G		L	B		(	L	i	b	e	l	l	é)
0992		?		C		o	u		c	:		P	I		à	
1008		C	o	r	r	i	g	e	r		?	* 00 01 01 05				

Fiche n°7.

Google Maps pour déterminer une position.



- 1) Activer Google Maps, (Voir la Fig.1)
- 2) En haut à gauche en 1 donner le nom de la Cible. Quand on valide le logiciel effectue un grand zoom et "centre" sa fenêtre sur la cible. Par exemple ici en 2 pointe l'entrée du parking.
- 3) En bas à droite avec la puce + agrandir au maximum la carte jusqu'à voir en détails la cible,
- 4) Avec le bouton **droit** de la souris cliquer exactement en 3 sur le point dont on désire les coordonnées géographiques,
- 5) S'ouvre juste en dessous du point visé en 4 une petite fenêtre contextuelle qui nous fournit les coordonnées géographiques de ce point sur le géoïde *en degrés*.

Le tableau de la Fig.2 indique les différents cas possibles et leur interprétation. Dans l'exemple de la Fig.1 nous avons :

- Latitude Cible = 44,45416N } Car les deux
- Longitude Cible = 1,44373E } sont positifs.

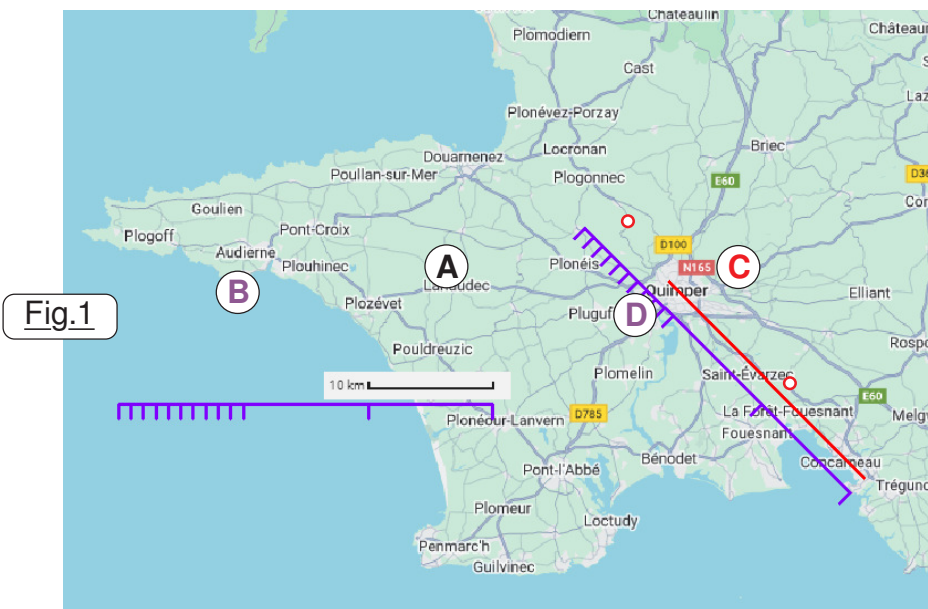
Fig.2

Latitude	Pas de signe	N
Latitude	Signe négatif	S
Longitude	Pas de signe	E
Longitude	Signe négatif	W

Format EEPROM : La donnée 4445415, 144373
devient 4445415N00144373E

Fiche n°8.

Google Maps pour déterminer une distance.



Pour exemple sur la Fig.1 on désire évaluer la distance qui sépare Concarneau de Quimper.

- 1) Activer **Google Maps**,
- 2) En bas à droite avec la puce + agrandir au maximum la carte jusqu'à voir en détails la région concernée.
- 3) Tracer en **C** un trait reliant les deux points.
- 4) En bas à droite en **A** est indiquée l'échelle.
- 5) Sur une bande de papier tracer une échelle mobile comme représenté en **B**.
- 6) Avec cette règle improvisée mesurer la distance en **D** soit ici environ 23km.

La distance mesurée par cette méthode sera forcément un peu imprécise. Elle le sera d'autant plus que la surface représentée sur la carte sera importante puisque l'on construit à plat une réalité qui est sphérique. Toutefois, l'ordre de grandeur est suffisant pour vérifier les distances indiquées par le programme et en particulier avec la fonction cheminement.

Fiche n°6.

Texte EEPROM du dialogue USB d'Application n°5.

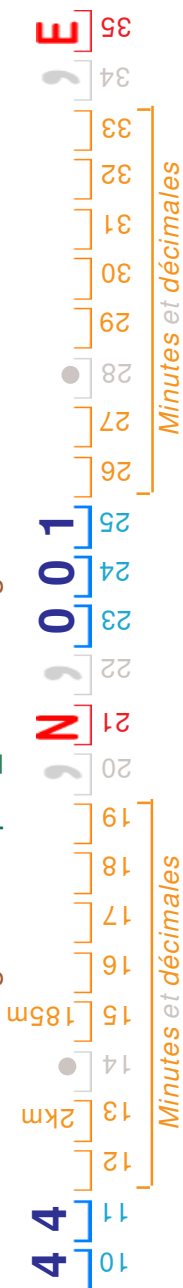
ADRS	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0000	4	4	4	5	5	4	4	N	0	0	1	5	2	1	9	2
0016	E	M	a	M	a	i	s	o	n	.						
0032	4	7	3	7	3	5	9	N	0	0	3	1	2	6	3	
0048	4	E	D	o	n	z	y	.								
0064	4	4	3	7	0	5	1	N	0	0	4	8	0	7		
0080	4	5	E	C	l	a	n	s	a	v	e	s	.			
0096	4	3	8	3	7	6	3	N	0	0	4	3	8			
0112	3	7	8	E	N	I	M	E	S	.						
0128	4	8	8	5	3	6	5	N	0	0	2	3				
0144	5	0	2	6	E	P	A	R	I	S	(	N	t	r		
0160	D	a	m	e	)	3	3	8	6	8	S	1	5	1		
0176	0	2	6	6	8	E	S	y	d	n	e	y	.			
0192								2	6	1	9	9	4	0	S	0
0208	8	0	0	5	2	1	E	J	o	h	a	n	n	e	s	b
0224	u	r	g	.				2	7	1	8	6	2	4	S	1
0240	0	9	4	3	4	8	1	W	I	l	e	d	e	P		
0256	a	q	u	e	s	.		4	8	5	8	6	9	8	N	
0272	0	0	7	7	4	1	5	4	E	S	t	r	a	s	b	o
0288	u	r	g	.				9	0	0	0	0	0	0		
0304	S	9	0	0	0	0	0	0	0	W	P	o	l	e	S	
0320	U	D	.									V	e	r	s	i
0336	o	n	d	u	<	?		P	I	L	E	-	T	A	S	
0352	=							: C	e			M	E	N	U	A
0368	:							A	j	o	u	t	e	r		
0384	:							B	I	P	C	:	D	e	f	a
0400	g	e	r	D	:			:				l	a	c	e	r
0416	u	n	E	:				E	f	f	a	c	e	r	:	
0432	L	i	s	t	e	r	R	E	S	E	I	Q	:	P	Q	
0448	I	s	s	u	r	r	H	:				H	i	v	e	r
0464	u	i	t	t	e	r	K	m	x	x	x	x	x	x	x	x
0480	m	b	r	e												
0496																

Codage des coordonnées en EEPROM :

Degrés 5 décimales Degrés 5 décimales

44,45415N001,44373E } Lettres et chiffres ASCII

Codage du Tampon_GGA en logiciel :



Pour calculer la longueur d'un segment il faut calculer la distance entre Ref-1 et Ref. Dans ce but il faut copier les coordonnées de Ref-1 dans **Tampon_GGA[]** du GPS et la position de Ref dans **Longitude Cible** et **Latitude cible**. Ensuite on utilise la procédure **Determine_la_distance_cible()** pour calculer la longueur du segment.

Recopie_debut_EEPROM_dans_Tampon_GGA :

1) On commence par **recopier directement les degrés** dans **Tampon_GGA** qui est codé en lettre et chiffres ASCII.

2) Les **5 décimales** des degrés sont convertis en minutes d'angles dans un **float**.

Pour convertir la valeur numérique en chaîne de caractères l'option **String** a été écartée car un seul appel à cette dernière consomme 1684 octets :

3) Les minutes entières sont extraites avec **floor**. (**floor** : Saisie de la partie entière)

4) Décades puis unités sont converties en ASCII avec **char**. Les décimales de minutes sont inchangées dans le tampon car l'incidence en précision restera inférieure à 200m alors que l'on évalue une loxodromie à laquelle on affecte un coefficient multiplicateur de 1.28.

Fiche n°9.

Longueur d'un segment de cheminement.

Fiche n°12.

Structure des trames GPS.

Toutes les données sont transmises en ASCII, tous imprimables, ainsi que CR et LF à la vitesse de transmission de 4800 bauds. Chaque trame commence par un préambule de cinq lettres qui suivent l'annonceur '\$'. Ce préambule commence toujours par **GP** qui est la signature du système qui dialogue sur la SCI, en l'occurrence **un GPS** dans notre cas. Le tableau de la Fig.1 précise la nature des informations logées dans les trames en fonction de leurs préambules définis sur trois lettres. l'ordre dans le tableau est celui des données dans un paquet de données.

Préambule	Nature des informations
RMC	Données minimales recommandées.
VTG	Direction, CAP et Vitesse.
GGA	Fix et Date. Fig.1
GSA	DOP et satellites actifs.
GSV	Satellites visibles. (<i>Jusu'à 4 trames.</i>)
GLL	Coordonnées géographiques.

La trame se termine par un champs optionnel dit checksum précédé du signe '*', qui représente le OR exclusif de tous les caractères compris entre '\$' et '*'. (*Sauf ces deux bornes*) Suit la fermeture de la séquence avec un [CR][LF].

Formats pour les coordonnées.

Pour représenter Latitude et Longitude en machine ou à l'affichages plusieurs formats coexistent :

Longitude = +2.34600

(Entièrement en degrés angulaires : Google Maps.)

Longitude = 002,20.76E

(En degré et en minutes : Le module GPS en norme NMEA 0183.)

Longitude = 002° 20' 45" E

(En degré, minutes et secondes dans le programme à l'affichage.)

Longitude = 00234600E

(En degrés comme pour Google Maps en sauvegarde d'un PI en EEPROM mais pas de signe et **N,S,E** ou **W**.)

Fiche n°11.

Calculer une loxodromie.

Loxodromie

Par définition, le plus court chemin entre deux points **A** et **B** sur Terre est un arc de cercle que l'on nomme Loxodromie.

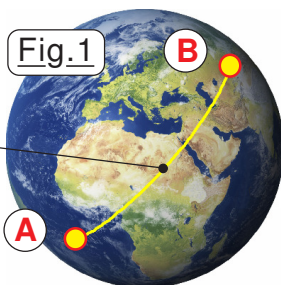


Fig.1

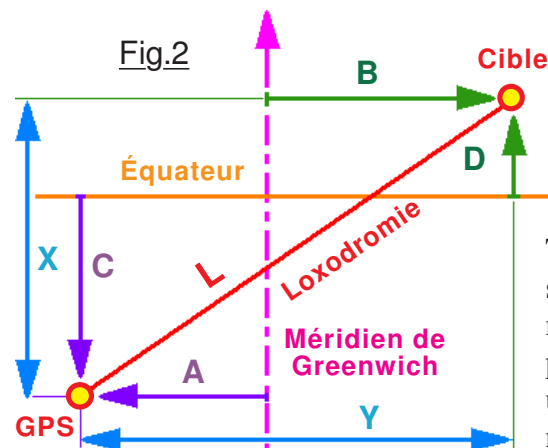


Fig.2

Le but de ce calcul consiste à déterminer la distance "à vol d'oiseau" qui sépare notre **GPS** d'une **Cible** ou point d'intérêt situé sur Terre. Quand on est à la surface du géoïde, comme montré sur la Fig.1 cette plus courte distance qui est un arc de cercle est nommée **Loxodromie**. Les opérations à effectuer en langage C++ consistent à calculer la longueur en km de la **Loxodromie** repérée avec la lettre **L**.

Par application du théorème de Pythagore on peut affirmer que $L = \sqrt{X^2 + Y^2}$

A = Delta_LON_GPS. **B** = Delta_LON_cible.

C = Delta_LAT_GPS. **D** = Delta_LAT_cible.

X = Delta_latitude. **Y** = Delta_longitude.

On aboutit au

calcul final à :

$$L = \sqrt{(C + D)^2 + ((A + B) \times k)^2}$$

- ① Delta_latitude = Delta_LAT_GPS + Delta_LAT_cible
- ② **k1** = cosinus (Delta_LAT_GPS)
- ③ **k2** = cosinus (Delta_LAT_cible)
- ④ Delta_longitude = (Delta_LON_GPS x **k1**) + (Delta_LON_cible x **k2**)
- ⑤ **L** = (Delta_latitude)² + (Delta_longitude)²

Fiche n°10.

Les coordonnées sphériques.

Pour situer un point sur la Terre, on a imaginé une kyrielle de cercles théoriques qui "quadrillent" le globe nommés méridiens et parallèles. Ce sont nos voisins Anglais qui se sont les premiers attelés à ce problème et ont naturellement pris pour origine du méridien ZÉRO, celui qui passe par la ville de Greenwich. Les méridiens sont comptés en positif vers l'Est et négatif vers l'Ouest. Une convention analogue s'impose pour les parallèles,

comptés positivement vers le Nord à partir de l'Équateur et négativement vers le sud. Google Maps respecte ces conventions que la Fig.1 résume. Toujours par convention, les coordonnées d'un point sur le globe sont définies par rapport au **méridien de Greenwich** et l'**Équateur** et sont nommée **Longitude** et **Latitude**. Pour illustrer ce propos la Fig.1 propose quatre points **A**, **B**, **C** et **D** et le tableau de la Fig.2 en précise les détails des coordonnées sphériques de ces points.

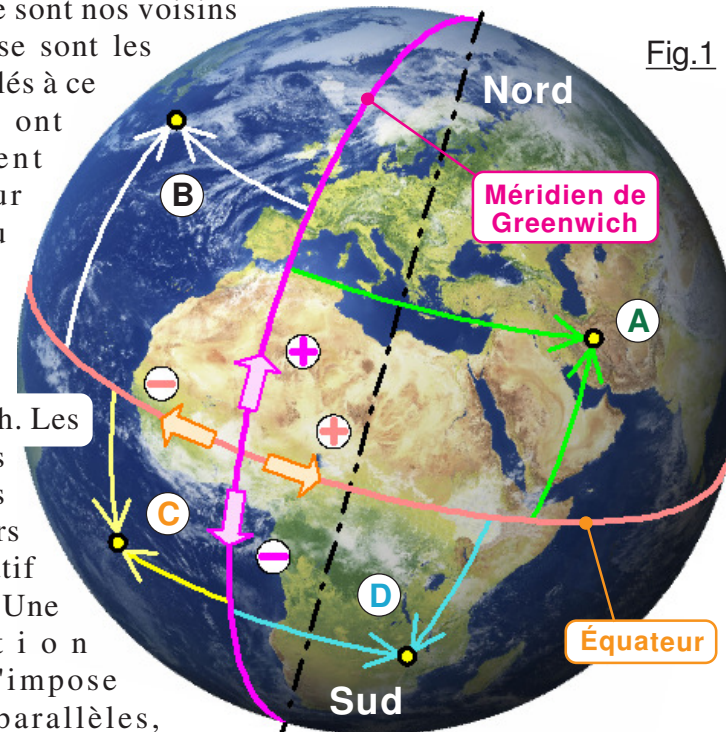



Fig.1

comptés positivement vers le Nord à partir de l'Équateur et négativement vers le sud. Google Maps respecte ces conventions que la Fig.1 résume. Toujours par convention, les coordonnées d'un point sur le globe sont définies par rapport au **méridien de Greenwich** et l'**Équateur** et sont nommée **Longitude** et **Latitude**. Pour illustrer ce propos la Fig.1 propose quatre points **A**, **B**, **C** et **D** et le tableau de la Fig.2 en précise les détails des coordonnées sphériques de ces points.

	Latitude	Longitude
A	+28° ou 28°N	+32° ou 32°E
B	+35° ou 35°N	-22° ou 22°W
C	-30° ou 30°S	-18° ou 18°W
D	-32° ou 32°S	+25° ou 25°E

Fig.2

Fiche n°13. Format des données RMC.

1 2 3 4
\$GPRMC100214.00,A,4427.32688,N,00131.31595,E,
5 6 7 8 9  Checksum
1.253,230125,A*68

- **1** : Heure UTC du groupe de données.
- **2** : Alerte du logiciel de navigation.
(**A** = OK, **V** = warning (alerte))
- **3** : Latitude du mobile. } *Format voir trame GGA*
- **4** : Longitude du mobile. } *Fiche n°14.*
- **5** : Vitesse sol en nœuds. (*Ici elle devrait être nulle !*)
- **6** : Cap géographique suivi par le mobile.
- **7** : Date du groupe de données.
- **8** : Déclinaison Magnétique.
- **9** : **A** > Mode Autonome. **D** > Mode Différentiel.
E > Mode Estimé. **S** > Mode Simulé.
N > Donnée non valide.

Format des données VTG.

1 2 3 4 5
\$GPVTG,054.7,T,034.4,M,1.286,N,2.382,K,A

- **1** : Cap géographique en Degrés. (*T pour True track made good.*)
- **2** : Cap magnétique en Degrés.
- **3** : Vitesse sol en nœuds. (*Ici elle devrait être nulle !*)
- **4** : Vitesse sol en Kilomètres heure. (*Ici elle devrait être nulle !*)
- **5** : Voir **9** ci-dessus en trame de type RMC.

Cette trame est presque redondante car elle ne concerne que le cap suivi par le mobile et sa vitesse sol en partie disponibles dans la trame de type RMC décrite ci-dessus. Elle n'apporte que la vitesse sol en nœuds et le cap magnétique en plus.

NOTE = Un nœud est égal à un mille marin par heure, soit 1,852 Km/H. Nous avons bien le rapport 2.382 = 1.286 x 1.852

Fiche n°16. Format des données GSV.

L'exemple présente le cas le plus complet :



1 2 3 4 5
\$GPGSV,3,1,10,11,19,043,22,12,22,088,19,
6 7
18,16,169,18,20,05,068,11*7E  Checksum
A B C D A B C D

Fig.1

- **1** : Nombre de trames de type GSV dans la rafale du groupe des données. (*Ici trois.*)
- **2** : Numéro de la trame dans le groupe de données.
(*Ici c'est la première.*)
- **3** : Nombre de satellites visibles. (*SV*).
- **4 à 7** : **Données relatives à un satellite** :

Cette séquence se répète jusqu'à quatre satellites par trames.

 **A** = N° d'identification du satellite.
B = Élévation en degrés du satellite.
C = Azimut en degrés du satellite.
D = Intensité de réception du signal du satellite.

On peut avoir jusqu'à quatre trames de type **GSV** dans une transmission. Ainsi la limitation pour le domaine grand public est de 16 satellites. (*ATTENTION, plusieurs sites sur Internet stipulent que cette limitation est de trois trames GSV maximum par groupe.*)

Utilisation des trames.

Pour gagner de la place en programme on n'utilise que le minimum de trames mémorisées pour extraire les données de chaque groupe.

RMC : Extraction de la date.

VTG : Vitesse sol et CAP.

GGA : Extraction de l'Heure, et de la position, de l'altitude et de la correction en hauteur par rapport au géoïde.

GSA : Non mémorisée.

GSV : Extraction des caractéristiques des satellites.

GLL : Non mémorisée.

Fiche n°15. Format des données GSA.

1
2
3
4
5
6

\$GPGSA,A,3,10,15,13,19,17,12,24,23,,,,,2.22,1.01,1.98*0D

- **1** : **A** pour Automatique, **M** pour Manuel.
- **2** : FIX **3D**. (Ce sera toujours le cas.)
- **3** : Références des satellites utilisés pour le FIX.
- **4** : Dilution de précision. (PDOP)
- **5** : Dilution de précision horizontale. (HDOP)
- **6** : Dilution de précision verticale. (VDOP)



CRC

Concrètement, dans notre cas le FIX sera toujours **A**utomatique et de type **3D**. Les dilutions horizontale et verticale étant d'orientations cartésiennes, leur combinaison PDOP s'obtient par "le théorème de Pythagore. C'est à dire que

$$PDOP = \sqrt{(HDOP)^2 + (VDOP)^2}$$

Format des données GLL.

1
2
3
4
5

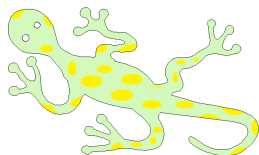
\$GPGLL,4427.32958,N,00131.31495,E,100214.00,A,A*62

- **1** : Latitude du mobile. } *Format voir trame*
- **2** : Longitude du mobile. } *GGA Fiche n°14.*
- **3** : Heure UTC du groupe de données.
- **4** : A = Données valides.
- **5** : Voir **9** en trame de type RMC Fiche n°13.



CRC

Contrairement aux informations trouvées sur Internet, cette trame se termine par une Checksum. Cette trame ne sera pas enregistrées dans le logiciel du GPS car elle constitue un doublon avec la trame de type **GGA** et la trame de type **RMC**.



Fiche n°14. Format des données GGA.

1
2
3
4

\$GPGGA,173120.00,4427.32958,N,00131.31495,E,1,

5
6
7
8

06,1.62,155.5,M,48.1,M,,*59



Checksum

- **1** : Heure d'acquisition des données en T.U.
- **2** : Latitude du récepteur GPS. ⇨⇨⇨⇨⇨
- **3** : Longitude de localisation. ⇨⇨⇨⇨⇨

Format des coordonnées : { **44** degrés **27,32958** minutes.
001 degrés **31,31495** minutes.

- **4** : Type de **Positionnement**.

Positionnement	Nature
0	Point non calé.
1	Point calé.
2	Mode différentiel.
6	Point estimé.

- **5** : Nombre de satellites en poursuite.
- **6** : Qualification du "FIX". (Voir le tableau Fig.1)

Dilution horizontale de la précision. Fig.1
Permet de connaître la fiabilité du calcul.
1 : Optimale, **2** à **3** : Excellente, **5** à **6** : Bonne,
Supérieure à **8** : Mesure non fiable

- **7** : Altitude en **M**ètres au dessus du niveau moyen des Océans. (*Mean Sea Level*)
- **8** : Correction de la hauteur du géoïde en Mètres par rapport à l'ellipsoïde WGS84. (1)

(1) : **WGS84** est un système de coordonnées définissant un modèle de la Terre. Il est défini par un ensemble de paramètres primaires et secondaires dont les caractéristiques de la forme de l'ellipsoïde terrestre, sa vitesse angulaire, et sa masse.

Fiche n°17.

Distances exprimées en minutes d'angle.

Considérons la Fig.1 sur laquelle le dessin du globe terrestre a été "coupé en deux". On y retrouve l'**Équateur** terrestre et le **méridien de Greenwich**. En **C** se trouve le Centre de la Terre et l'on va supposer ici que l'ouverture de l'angle α fait exactement une minute d'angle.

Dans ces lignes on va calculer la distance **D** curviligne (*Qui est une loxodromie.*) sur la surface de la Terre correspondant à cette ouverture angulaire :

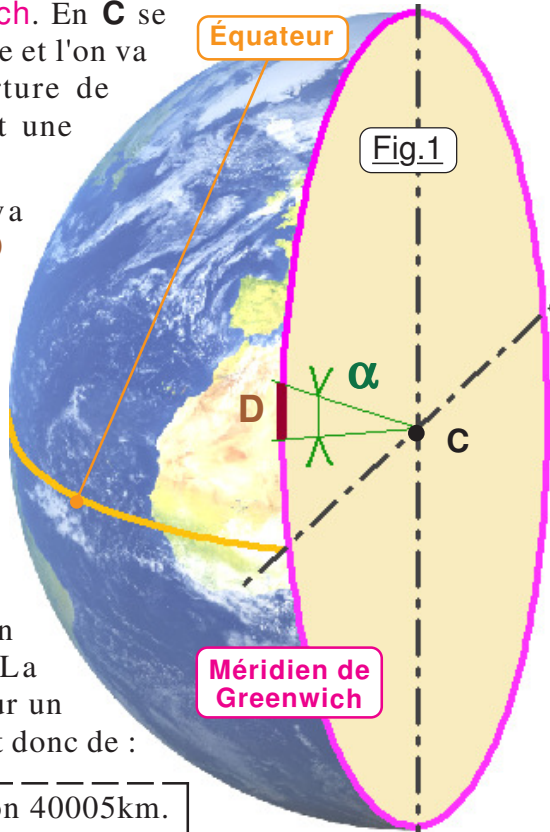
Pour simplifier, on va supposer que le globe terrestre est parfaitement sphérique, le rayon terrestre faisant en moyenne 6367km. La distance totale mesurée sur un cercle de type méridien est donc de :

$$6367 * 2 * \text{PI} \text{ soit environ } 40005\text{km.}$$

Sur 360° angulaires nous avons $360 * 60 = 21600$ minutes d'angle. Donc, la distance **D** correspondant à une minute d'angle sur un méridien est égale à : $D = 40005 / 21600 = 1,852\text{km.}$

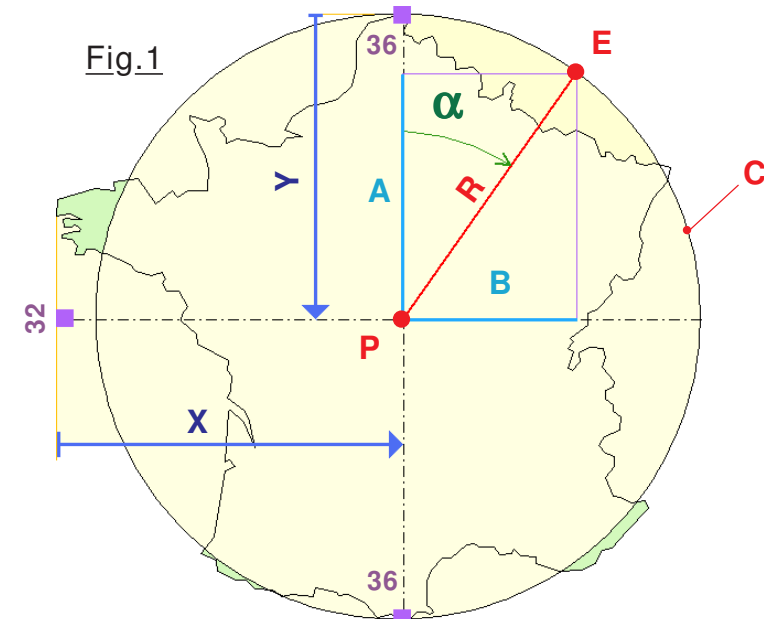
Une minute d'angle **sur un méridien** correspond à un **mile Nautique** ou un **mille marin** soit environ 1852m.

Si l'on utilise le **mille Nautique** pour définir des distances sur la surface de la Terre, alors une vitesse d'un Nautique par heure porte le nom de **Nœud marin** souvent symbolisé par **Kn**.



Fiche n°20.

Tracer le vecteur CAP sur la carte de France.



Retrouvons sur la Fig.1 le cercle **C** sur lequel se trouvera l'extrémité **E** du vecteur CAP centré sur **P** et de rayon **R** de 32 PIXELs de longueur. Sur ce dessin **X** et **Y** respectivement 36 et 32 sont les coordonnées du pôle **P** avec $X = 36 + B$ et $Y = 32 - A$

$$\left. \begin{array}{l} A = R * \cos(\alpha) \\ B = R * \sin(\alpha) \end{array} \right\} \alpha \text{ est en Radians}$$

on en déduit :

$$\begin{array}{l} X = 36 + (R * \sin(\alpha)) \\ Y = 32 - (R * \cos(\alpha)) \end{array} \text{ soit } \begin{array}{l} X = 36 + (32 * \sin(\alpha)) \\ Y = 32 - (32 * \cos(\alpha)) \end{array}$$

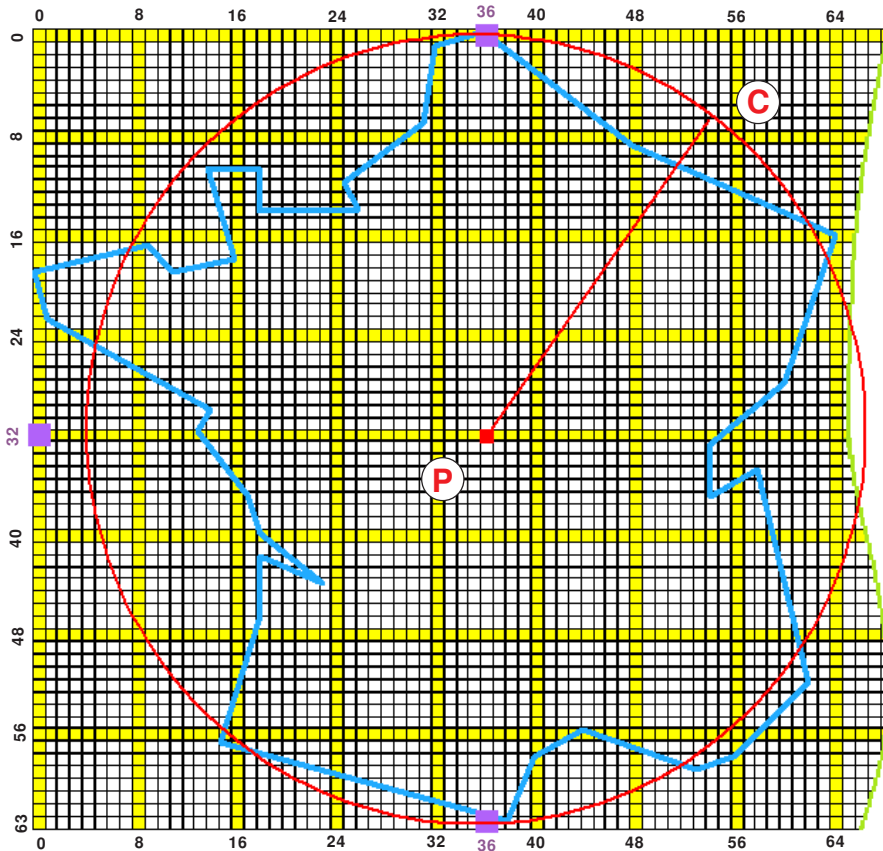
Origine

```
u8g.drawLine(36,32, (32 * sin(radians(CAP))) + 36,
32 - (32 * cos(radians(CAP))));}
```

Pour pouvoir effectuer les calculs il faut au préalable transformer les caractères de **Tampon_VTG** est un réel de type **float** :

```
for (byte l = 0; l < 4; l++) Tampon_calculs[l] = Tampon_VTG[l];
Tampon_calculs[3] = '\0'; CAP = atof(Tampon_calculs);
```

Tracer le vecteur CAP sur la carte de France.



... / ...

Minutes d'angle sur un parallèle.

$$\frac{RP}{RT} = \frac{L}{LE} = k$$
$$RT \cos(\alpha)$$

$$\mathbf{k} = \cos(\alpha)$$