

transformation des réceptions gps en coordonnées cartographiques

H. M. Dufour
Ingénieur Général Géographe
(C. R.)

GPS et coordonnées en projection

Le report des coordonnées géographiques (λ, ϕ) en système sexagésimal sur un fond de carte topographique pose actuellement (et pour quelques années encore) un problème à l'utilisateur qui n'est pas muni d'un appareillage particulier, par exemple le randonneur qui ne peut transporter qu'un poids restreint.

À terme, bien entendu, le problème se résoudra très probablement par l'apparition sur ces cartes d'un carroyage rectangulaire de définition mondiale – très vraisemblablement celui de l'UTM (Mercator Transverse Universel), calculé sur l'ellipsoïde WGS84 – et si les constructeurs de GPS fournissent à la fois les positions géographiques (λ, ϕ), et les coordonnées UTM (E, N), le problème se trouvera bien résolu.

Dans l'immédiat, il semble que les programmes que l'on va donner ci-dessous peuvent être de quelque utilité, non seulement pour les randonneurs mais aussi pour tout utilisateur des deux systèmes projectifs utilisés en France, Lambert et UTM.

Ces programmes sont rédigés sur une calculette (HP 32 SI) – de faible encombrement (130 g), particulièrement précise (12 chiffres significatifs), rapide, et commode à programmer –. Elle est pauvre en mémoire, et d'autres calculettes du même type (ne travaillant qu'à 10 chiffres) peuvent lui être préférées.

HP 32 SI permet de définir 26 constantes (A, B, C, ... z) et 26 programmes (A, B, C, ... z).

Nous allons donner le détail des programmes, pour un point M donné, (coordonnées géographiques (J, L) en degrés centésimaux) sur l'ellipsoïde WGS84.

Puis nous indiquerons toutes les applications qui peuvent être données à ces programmes.

Programme détaillé

(. indique 10^{-6})

Constantes

(WGS84) (A, B, C, ... Z) : Gauss Krüger (OPRSTU) : Lambert

A	Grand axe	6378 137,000 m
B	D2	-16 038,509 m
C	D4	16,833 m
D	Degré moyen méridien	111 132,95255 m
E	Excentricité	81 819,190843
F	Longitude origine	3°, 000
J	Longitude	9°, 000
K	Échelle à l'origine	999 600,000
M	Constante Easting	500 000,000 m

N	Constante Northing	0,000 m
O	Latitude origine	36°, 000
P	Longitude origine	3°, 000
R	Rayon Lambert origine	8785 406,50325 m
S	Cte X	500 000,000 m
T	Cte Y	0,000 m
U	Excentricité	(ici u = E)

Programmes

- A** Programme de « confort » : transforme (λ, ϕ) sexagésimaux en (J, L) centésimaux et renvoie successivement à L ou G (Lambert ou Gauss Krüger) puis à G ou L (par commande R/S).
- C** Latitude croissante
Remplace L en registre x par £ définie par :
 $\text{£} = \text{ASINH}(\text{TAN}(L)) - U \text{ ATANH}(U \cdot \text{SIN}(L))$
(U = excentricité)
- E** Longueur de l'arc de méridien depuis l'équateur (MR)
Place en registre x l'arc de méridien défini par E (excentricité) et A (demi grand axe) :
 $\text{MR} = D * L + D2 \cdot \text{SIN}(2L) + D4 \cdot \text{SIN}(4L)$
 $D2 = -A (3E^{2/8} + 3E^{1/32} + 45E^{6/1024})$
 $D4 = A (15E^{1/256} + 45E^{6/1024})$
D = (Quart de méridien)/90
- G** Programme Gauss Kruger
Easting en registres x et X
Northing en registres y et Y
- L** Programme Lambert
X en registres x et X
Y en registres y et Y

A – Programme de Confort :

λ en y, ϕ en x (CK = OB 5E – 15 octets)

A01	LBLA	43,1200
A02	→ HR	43,200
	STO L	
A04	x ↔ y	9,0000
	→ HR	
A06	STO J	
A07	XEQ L (ou G)	991 137,4964
A08	STOP	
	(x ↔ y) (R/S)	816 351,4453
A10	XEQ G (ou L)	987 517,1712
	(x ↔ y)	4800 531,9311
A12	RTN	

C – Latitude croissante

(CK = 05 B3 – 16,5 octets)

C01	LBL C	36,000
C02	ENTER	
	TAN	726 542.52801
C04	ASINH	674 275.47763
	$x \leftrightarrow y$	36,000
C06	SIN	587 785.25229
C07	RCL * U	48 092.11373
C08	ATANH	48 129.24190
	RCL * U	3 937.89563
C10	-	670 337.58200
C11	RTN	
	(Signature) CK	C5B3

E – Longueur de l'arc d'ellipse méridienne

(CK = 16 F1 – 24,0 octets)

E01	LBL E	
E02	RCL L	43,200
	4	4
E04	*	172,800
	SIN	125 333.23356
E06	RCL * C	2,10968
	RCL L	43,200
E08	2	2
E09	*	86,400
E10	SIN	998 026.72843
	RCL * B	-16 006,8604
E12	+	-16 004,7507
	RCL L	43,200
E14	RCL * D	4 800 943,5501
	+	4 784 938,7994
E16	RTN	

G – Projection de GAUSS-KRUGER (→ UTM)

G01	LBL G	
G02	RCL L	43,200
	TAN	939 062.50582
G04	RCL J	9,000
	RCL-F	6,000
G06	STO Y	
	COS	994 521.89537
G08	÷	944 235.12463
	ATAN	43,357 083 3432
G10	RCL-L	157 083.3432
	→ RAD	2 741.621540
G12	$x \leftrightarrow Y$	6,000
	SIN	104 528.46327
G14	RCL L	43,200
	COS	728 968.62742
G16	STO X	
	*	76 197.97039
G18	ATANH	76 345.95807
	$x \leftrightarrow X$	728 968.62742
G20	RCL * X	55 653.80826
	RCL E	81 819.19084
G22	ASIN	4,693 140.562
	TAN	82 094.43795
G24	*	4 568.86811
	x^2	20.87456
G26	6	6
G27	÷	3.47909
G28	RCL * X	.26561
	STO + X	

G30	LAST X	3.47909
	3	3,000
G32	*	10.43728
	RCL * Y	.02862
G34	STO + Y	
	RCL L	43,200
G36	SIN	684 547.10593
	RCL * E	56 009.09030
G38	ATANH	56 067.76796
	COSH	1,001 572.20910
G40	RCL * A	6 388 164,7650
	STO * X	
G42	STO * Y	
	XEQ E	4 784 938,7994
G44	RCL + Y	4 802 452,9123
	RCL * K	4 800 531,9311
G46	RCL + N	
	STO Y	
G48	RCL X	487 712,2561
	RCL * K	487 517,1712
G50	RCL + M	987 517,1712
	STO X	
G52	RTN	CK F5B8

L - Projection LAMBERT

(CK = 2B09 → 36 octets)

L01	LBL L	
L02	RCL J	9,000
	RCL-P	6,000
L04	RCL O	36,000
	SIN	587 785.25229
L06	STO X	
	*	3,526711.51375
L08	RCL O	36,000
	XEQ C	670 337.58200
L10	RCL L	43,200
	XEQ C	833 033,91139
L12	-	-162 696.32939
L13	RCL * X	
L14	EXP	908 799.75280
	RCL * R	7 984 175,2584
L16	$\theta r \rightarrow yx$	7 969 055,0580
	±	
L18	RCL + R	81 6351,4453
	RCL + T	
L20	STO Y	
	$x \leftrightarrow y$	491 137,4964
L22	RCL + S	991 137,4964
	STO X	
L24	RTN	

Utilisations possibles**A – Indépendamment du système GPS...**

...ces programmes peuvent permettre à l'utilisateur de calculer, dans un réseau régional, des coordonnées Gauss-Kruger ou UTM (précision centimétrique) ou des coordonnées LAMBERT (précision millimétrique). Il faut alors introduire des caractéristiques précises de l'ellipsoïde et de la projection.

• Gauss-Krüger (exemples)

AUSTRALIE New South Wales (IAU65)

A = 6 378 160 m E = 81 820.18000 B = -16 038,9550 m

C = 16,833⁵ m D = 111 133,348785 m F = 147° K = 0,99994M = 300000^m N = 500000^m

RFA (BESSEL 1841)

A = 6377397,155 m E = 81696,83122 B = -15988,6385 m
C = 16,7300 m D = 111120,619605 m F = 12°
K = 1,000 M = 500000 N = 0

GRANDE BRETAGNE (AIRY)

A = 6377563,396 m E = 816673,37388 B = -15979,8595 m
C = 16,7111 m D = 111123,623119 m F = -2°
K = 0,9996012717 M = 400000 m N = -5427063,815 m

USA-HAWAII (SPCS 27) (Clarke 66)

A = 6378206^m, 400 E = 82271,854225 B = -16216,9442 m
C = 17,2094 m D = 111132,089367 m F = -155°, 500
K = 0,9999667 M = 152400,305 m N = -2083025,310 m

• Projection UTM

FRANCE Europe 50 (INTER 1924)

A = 6378388^m E = 81991,88998 B = -16107,03472 m
C = 16,9762 D = 111136,536656 m F = 3° K = 0,9996
M = 500000 N = 0

ITALIE même ellipsoïde mais avec

M = 1500000 (fuseau 31) et M = 5250000 (fuseau 32)

• Projection Lambert

Il faut connaître : U = excentricité, P = origine des longitudes, O = origine des latitudes, S = Cte X, T = Cte Y, R = rayon Lambert à l'origine = KA cotg(o) : $\sqrt{1-U^2\sin^2(O)}$

(A = demi grand axe, K = coefficient d'échelle à l'origine)

FRANCE NT (Clarke 1880 F) U = 82483,25676

P = 0 (longitudes rapportées à Paris)

Lambert I : O = 49°, 800 R = 5999695,768 m
S = 600000 T = 1200000

Lambert II : O = 46°, 500 R = 6062852,104 m
S = 600000 T = 2200000

Lambert III : O = 44°, 100 R = 6591905,085 m
S = 600000 T = 3200000

Lambert IV : O = 42°, 165 R = 7053300,173 m
S = 234,358 T = 185691,369

B – Utilisation des coordonnées GPS données par un récepteur

– Le programme (G), avec les constantes données dans l'exemple numérique, permet de calculer les coordonnées

dans un maillage UTM normalisé correspondant au système WGS84 (précision centimétrique).

– Page 8

Pour un réseau régional, il faut appliquer :

- a) soit l'ellipsoïde WGS84 et les constantes de la projection régionale;
- b) soit l'ellipsoïde régional et les mêmes constantes de projection.

Dans les deux cas le résultat correspond aux coordonnées cartographiques désirées à une translation très, lentement variable dans une vaste zone ($\pm 10^m$ sur la France entière) : la valeur moyenne de cette translation peut être incluse dans les constantes à l'origine (M, N, S, T). Elle peut être établie par un étalonnage ou fournie par les organismes géographiques nationaux.

– Exemples Gauss-Krüger :

Les valeurs corrigées de (M, N) ne sont pas connues.

– Exemple UTM France :

On peut utiliser la méthode a) avec M = 500095^m; N = 204^m

– Exemple Lambert France :

On peut utiliser la méthode b), c'est à dire les valeurs qui ont été fournies pour les projections Lambert France, mais il faudra prendre : P = 2°, 20'14''025 = 2°, 33722916667 (Longitude de Paris) et les valeurs suivantes de S et T.

LI	S = 600053 ^m	T = 1200008 ^m
LII	S = 600053 ^m	T = 2200006 ^m
LIII	S = 600053 ^m	T = 3200001 ^m
LIV	S = 291 ^m	T = 185858 ^m

En fait on pourrait espérer que la méthode a) puisse être appliquée de façon très générale, c'est à dire :

– Que les constructeurs de GPS puissent fournir, à la demande (et selon un codage à définir), les coordonnées (λ, ϕ) transformées dans une projection arbitraire demandée par l'utilisateur et calculée sur WGS84;

– Que les organismes géographiques fournissent le calage (M, N, S, T) des géodésies régionales dans le système WGS84.

Note bibliographique : Divers exemples cités sont issus de l'ouvrage récemment publié :

Marteen HOOIJBERG (1997)

Practical Geodesy using computers – SPRINGER.

BULLETIN D'ADHÉSION

à retourner à l'AFT - 136b rue de Grenelle - 75007 SP Paris (France)

Mr Mme Mlle ou raison sociale

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Profession : _____ Secteur d'activité : _____

TARIFS ANNUELS

La cotisation est indissociable de l'abonnement à la revue trimestrielle XYZ.

- Ingénieur , Géomètre-Expert, Indépendant, Cadre, Personne morale : **435** Frs
- Technicien, Agent de maîtrise, Retraité cadre et ingénieur, Enseignant : **275** Frs
- Etudiant, Stagiaire, SN, Retraité technicien et agent de maîtrise : **190** Frs