

ANNEXE 1

Le calcul du facteur combiné

LE CALCUL DU FACTEUR COMBINÉ

Le **facteur combiné** est le facteur de correction qui tient compte de l'altitude moyenne du terrain (altitude orthométrique) et qui permet de passer directement des distances horizontales mesurées sur le terrain aux distances correspondantes sur le plan de projection. Pour obtenir la distance sur le plan de projection, il faut multiplier la distance horizontale mesurée sur le terrain par le facteur combiné.

Le **facteur combiné** ($F_{\text{combiné}}$) est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$F_{\text{combiné}} = F_{\text{altimétrique}} \times F_{\text{échelle}}$$

Le calcul du **facteur altimétrique** ($F_{\text{altimétrique}}$) et du facteur échelle ($F_{\text{échelle}}$) demande, au départ, de connaître les dimensions et la forme de la surface de référence utilisée, à savoir l'ellipsoïde GRS80.

Paramètres de l'ellipsoïde GRS80		
Demi-axe équatorial	a	6 378 137,0 m
Demi-axe polaire	b	6 356 752,3141 m
Rayon de courbure polaire	$r = a^2/b$	6 399 593,6259 m
Excentricité mineure au carré	$e'^2 = (a^2 - b^2)/b^2$	0,006 739 496 775 48

CACUL DU FACTEUR ALTIMÉTRIQUE

Le **facteur altimétrique** ($F_{\text{altimétrique}}$) est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$F_{\text{altimétrique}} = R / (R + h) \quad \text{où}$$

R : Rayon de courbure de l'ellipsoïde GRS80 au lieu en cause, obtenu comme suit :

$$R = r / v^2 \quad (\text{voir note})$$

où $v^2 = 1 + e'^2 \cos^2 \varphi$ (φ = latitude du lieu)

h : hauteur ellipsoïdale (aussi appelée altitude géodésique)

$$h = H + N$$

H : altitude orthométrique (NMM)

N : ondulation du géoïde

Note : dans le calcul du facteur altimétrique, la valeur précise de R importe peu en regard de la valeur de la hauteur ellipsoïdale qui constitue la principale influence sur la valeur du facteur altimétrique. Ainsi, un rayon de courbure ellipsoïdale de **6 380 000** mètres permet une bonne approximation du facteur altimétrique.

L'ondulation du géoïde (N) peut être obtenue, soit à partir des fiches signalétiques des points géodésiques, soit à l'aide d'un logiciel qui permet l'extraction de la valeur de l'ondulation.

Un utilitaire d'application (gratuit) pour le calcul de l'ondulation du géoïde est disponible dans le site Internet du ministère des Ressources naturelles du Canada à l'adresse suivante : http://www.geod.rncan.gc.ca/apps/gpsh/gpsh_f.php. Cet utilitaire, appelé GPS H, permet la transformation des hauteurs en référence au datum vertical canadien CGVD28. Le progiciel canadien du géoïde GPS H est également disponible, gratuitement, à l'adresse suivante: http://www.geod.rncan.gc.ca/software/gpsht_f.php.

CACUL DU FACTEUR ÉCHELLE

Le **facteur échelle** ($F_{\text{échelle}}$) est obtenu avec une précision convenable à l'aide de l'une ou l'autre des formules suivantes :

$$F_{\text{échelle}} \cong K_0 (1 + (x^2 / 2R^2)), \text{ ou } \cong K_0 (1 + x'^2)$$

où

K_0 = facteur échelle au méridien central ($K_0 = 0,9999$ pour le système SCOPQ)

$x = (X_{\text{SCOPQ}} - 304800) / K_0$

$R = r / v^2$ (ici, l'utilisation de la valeur réelle de R est significative)

$x' = x v^2 / r \sqrt{2}$ (où $v^2 = 1 + e'^2 \cos^2 \varphi$)

Exemple de calcul du facteur combiné :

Prenons un exemple facile : celui où le point géodésique 96KP048 serait situé au centre de l'emplacement qui fait l'objet de l'arpentage et où il correspond à l'altitude moyenne du terrain (altitude orthométrique). Les paramètres du point géodésique sont :

Point géodésique 96KP048 Extrait de la fiche signalétique	
SCOPQ (Y) (m) :	5 479 106,218
SCOPQ (X) (m) :	241 391,972
Latitude :	49° 26' 47,45696"
Longitude :	71° 22' 28,19844"
Altitude orthométrique (m) (NMM) :	354,8
Ondulation du géoïde GRS 80 (m) :	-30,637
Facteur échelle	0,999 949 4

La hauteur ellipsoïdale (h) moyenne du territoire en cause est :

$$h = H+N = 354,8 + (-30,6) = 324,2 \text{ m}$$

La valeur de R obtenue par calcul ou par interpolation de la charte ci-après est :

$$R = 6\,381\,414 \text{ m}$$

En conséquence, on obtient comme valeur :

- $F_{\text{altimétrique}} = R/(R+h) = 0,9999492$ (Note : nous aurions pu prendre $R = 6\,380\,000 \text{ m}$)
- $F_{\text{échelle}} = 0,9999 (1 + 0,000049375) = 0,9999494$ (voir note)
- $F_{\text{combiné}} = F_{\text{altimétrique}} \times F_{\text{échelle}} = 0,9998986$

Note : dans l'exemple ci-dessus, au lieu de calculer le facteur échelle à l'aide de la formule, nous aurions pu le prendre directement à partir de la fiche signalétique du point géodésique 96KP048. Par ailleurs, si on utilise la formule, la valeur réelle de R est significative dans le calcul du facteur échelle.

Ainsi, une distance horizontale mesurée sur le terrain (D_{HT}) de 1 250,000 m correspondra à une distance (D_{P}) sur le plan de projection MTM (SCOPQ) de 1 249, 873 m.

$$D_{\text{P}} = D_{\text{HT}} \times F_{\text{combiné}}$$

$$D_{\text{P}} = 1\,250,000 \text{ m} \times 0,9998986$$

$$D_{\text{P}} = 1\,249,873 \text{ m}$$

Charte du facteur altimétrique en fonction de la hauteur ellipsoïdale (h) et de la latitude

Facteur altimétrique en fonction de la hauteur ellipsoïdale (h) et de la latitude											
Ellipsoïde : GRS80 (datum : NAD83)											
Latitude (dd° mm')	Rayon courb. ell. (m)	hauteur ellipsoïdale (h) en mètre (aussi appelée altitude géodésique)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
45° 00'	6378101	0,9999843	0,9999686	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,9999059	0,9998903	0,9998746	0,9998589	0,9998432
45° 30'	6378475	0,9999843	0,9999686	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,9999059	0,9998903	0,9998746	0,9998589	0,9998432
46° 00'	6378849	0,9999843	0,9999686	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,9999059	0,9998903	0,9998746	0,9998589	0,9998433
46° 30'	6379222	0,9999843	0,9999686	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,999906	0,9998903	0,9998746	0,9998589	0,9998433
47° 00'	6379596	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,999906	0,9998903	0,9998746	0,9998589	0,9998433
47° 30'	6379968	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,999906	0,9998903	0,9998746	0,999859	0,9998433
48° 00'	6380341	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,999906	0,9998903	0,9998746	0,999859	0,9998433
48° 30'	6380713	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,999906	0,9998903	0,9998746	0,999859	0,9998433
49° 00'	6381084	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999216	0,999906	0,9998903	0,9998746	0,999859	0,9998433
49° 30'	6381454	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999217	0,999906	0,9998903	0,9998747	0,999859	0,9998433
50° 00'	6381823	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999217	0,999906	0,9998903	0,9998747	0,999859	0,9998433
50° 30'	6382191	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999217	0,999906	0,9998903	0,9998747	0,999859	0,9998433
51° 00'	6382558	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999217	0,999906	0,9998903	0,9998747	0,999859	0,9998433
51° 30'	6382923	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999217	0,999906	0,9998903	0,9998747	0,999859	0,9998434
52° 00'	6383287	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999217	0,999906	0,9998904	0,9998747	0,999859	0,9998434
53° 00'	6384011	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999373	0,9999217	0,999906	0,9998904	0,9998747	0,999859	0,9998434
54° 00'	6384727	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999217	0,999906	0,9998904	0,9998747	0,9998591	0,9998434
55° 00'	6385436	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999217	0,999906	0,9998904	0,9998747	0,9998591	0,9998434
56° 00'	6386135	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999217	0,9999061	0,9998904	0,9998747	0,9998591	0,9998434
57° 00'	6386825	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999217	0,9999061	0,9998904	0,9998748	0,9998591	0,9998435
58° 00'	6387505	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999217	0,9999061	0,9998904	0,9998748	0,9998591	0,9998435
59° 00'	6388173	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999217	0,9999061	0,9998904	0,9998748	0,9998591	0,9998435
60° 00'	6388829	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999217	0,9999061	0,9998904	0,9998748	0,9998591	0,9998435
61° 00'	6389472	0,9999843	0,9999687	0,999953	0,9999374	0,9999218	0,9999061	0,9998905	0,9998748	0,9998592	0,9998435
62° 00'	6390102	0,9999844	0,9999687	0,9999531	0,9999374	0,9999218	0,9999061	0,9998905	0,9998748	0,9998592	0,9998435