

# Baccalauréat Professionnel Technicien Géomètre Topographe

IGN

Nivellement Général de la France

Repère de nivellement

2021

Matricule : **R'.D.K3 - 19-IV**

Système d'altitude : NGF-IGN 1969

**155,783 m**

Année de dernière observation : 1942 - Année de nouveau calcul

Type : **ECHELLE HYDROMETRIQUE**

Complément :

Système : RGF93 (ETRS89) - Ellipsoïde : LAG GRS 19

Longitude (dms) :  Latitude (dms) :

Système : RGF93 (ETRS89) - Projection : LAMBERT-93

E (km) :  N (km) :

Département : RHONE Numéro INSEE : 69096 Commune : GIVORS

Voie suivie : RIVE DROITE DU RHONE

de : PONT PASTEUR à : GIVORS

Côté : Droit PK : 14,70 km Dist. au repère : 0.00 m

Localisation : DANS LA RAMPE D'ACCES A L'ANCIENNE BRASSERIE

Support : ECHELLE HYDROMETRIQUE DE 1.00 m

Partie support : FACE AU FLEUVE, TRAIT NIVELE 4.00 m

Repèrments : A L'AXE

A 0.00 M AU-DESSUS DU SOMMET DE LA RAMPE



Carte : 3032 GIVORS

#### Avertissement

Compte-tenu des risques de déplacement des repères, il est indispensable de rattacher vos opérations de nivellement à plusieurs repères proches, ceci afin de contrôler leur stabilité. La responsabilité de l'IGN ne saurait être engagée en l'absence d'un tel contrôle. En savoir plus sur les mouvements verticaux.

Toute remarque concernant la destruction, la disparition ou le mauvais état des repères doit être signalée au Service de Géodésie et de Métrologie : [geodesie@ign.fr](mailto:geodesie@ign.fr)

© 2009 IGN - INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE ET FORESTIERE  
73 Avenue de Paris 94165 SAINT-MANDE CEDEX

## Formulaire d'aide à la résolution des problèmes de calcul topométrique

	Conventions relatives aux travaux topographiques	p. 3
1	Triangle quelconque	p. 4
2	Triangles semblables	p. 4
3	Triangle rectangle	p. 5
4	Trapèze	p. 5
5	Polygone de n côtés	p. 5
6	Raccordements circulaires	p. 6
7	Secteur circulaire	p. 6
8	Transformations de coordonnées	p. 7
9	Intersection de deux droites	p. 7
10	Intersection de deux cercles	p. 8
11	Intersection droite - cercle	p. 8
12	Nivellement indirect	p. 9
13	Corrections des distances	p. 9-10
14	Correction de niveau apparent	p. 10
15	Moyenne arithmétique, moyenne pondérée	p. 10
16	Le G0 (ou V0)	p. 11
17	Relèvement sur 3 points - <i>méthode du barycentre-</i>	p. 12
18	Relèvement sur 3 points - <i>méthode de Delambre-</i>	p. 12
19	Changement de base	p. 13
20	Tolérances : Classes de précision	p. 14-15

# Conventions relatives aux travaux topographiques

## Unités en vigueur :

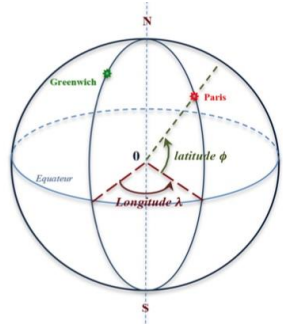
- distance en mètre (m)
- angle en grades (gon)

## Systèmes de coordonnées géographiques

longitude :  $\lambda$

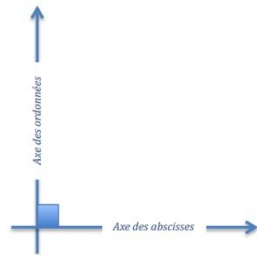
latitude :  $\Phi$

hauteur sur l'ellipsoïde :  $h$

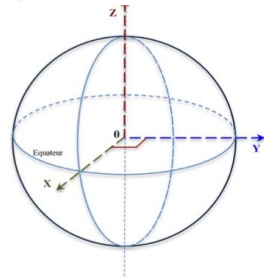


## Systèmes de coordonnées planimétriques

- Coordonnées locales :  $x, y$
- Coordonnées Lambert 93 :  $e, n$
- Coordonnées RGF 93 CC (9 zones) :  $E, N$



## Systèmes de coordonnées géocentriques $X, Y, Z$



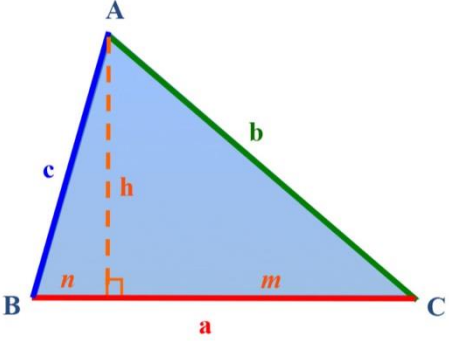
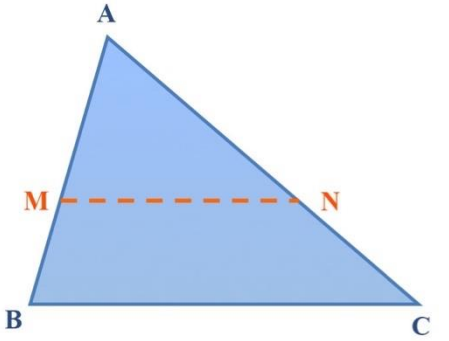
## Systèmes de coordonnées altimétriques

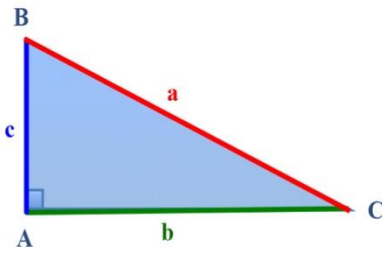
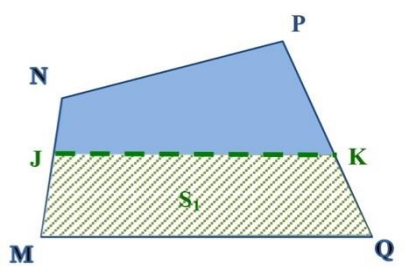
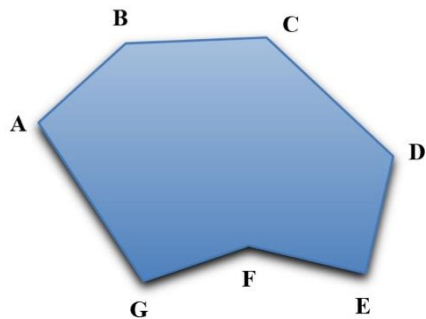
- Altitude normale / au géoïde : **NGF-IGN 69** (NGF-IGN78 pour la Corse) : **H**
- Hauteur ellipsoïdale :  $h$

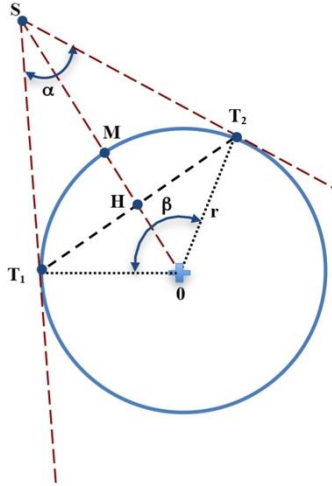
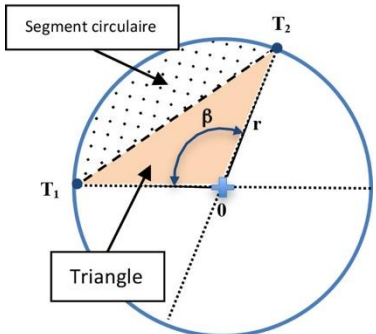
Rayon moyen de la terre :  $R_m = 6370 \text{ km}$

## Terminologie usitée :

- **ht** = hauteur des tourillons ou **hi** (d'instrument)
- **hp** = hauteur de prisme ou **hv** (voyant) ou **hr** (réflecteur)

croquis - schémas	formules
<p><b>1-Triangle quelconque</b></p>  <p>The diagram shows a triangle with vertices A (top), B (bottom left), and C (bottom right). Side BC is labeled 'a' and is red. Side AB is labeled 'c' and is blue. Side AC is labeled 'b' and is green. A dashed orange vertical line from A to BC represents the height 'h'. The base 'a' is divided into segments 'n' (from B) and 'm' (from C) by the height line. Right-angle symbols are shown at the intersection of the height with the base.</p>	<p><b>Relation des sinus</b></p> $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$ <p><b>Relation des cosinus</b></p> $a^2 = b^2 + c^2 - 2 b \cdot c \cdot \cos A$ $b^2 = a^2 + c^2 - 2 a \cdot c \cdot \cos B$ $c^2 = a^2 + b^2 - 2 a \cdot b \cdot \cos C$ <p><b>Superficie</b></p> $S = (a \cdot b \cdot \sin C) / 2$ $S = (a \cdot c \cdot \sin B) / 2$ $S = (b \cdot c \cdot \sin A) / 2$ $S = \frac{a^2 \cdot \sin B \cdot \sin C}{2 \cdot \sin A}$ <p>avec <math>p = \frac{1}{2}</math> périmètre</p> $S = \sqrt{[p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)]}$ $\tan \frac{A}{2} = \sqrt{\left[ \frac{(p - b) \cdot (p - c)}{p \cdot (p - a)} \right]}$ $n = (c^2 + a^2 - b^2) / 2a$ $h^2 = c^2 - n^2 = b^2 - m^2$
<p><b>2-Triangles semblables</b></p>  <p>The diagram shows a triangle with vertices A (top), B (bottom left), and C (bottom right). A dashed orange horizontal line segment MN is drawn parallel to the base BC, with M on side AB and N on side AC. This creates a smaller triangle AMN similar to triangle ABC.</p>	<p><b>Théorème de Thalès</b></p> $\frac{AM}{AB} = \frac{AN}{AC} = \frac{MN}{BC} = k$ $S_{AMN} = S_{ABC} \cdot k^2$

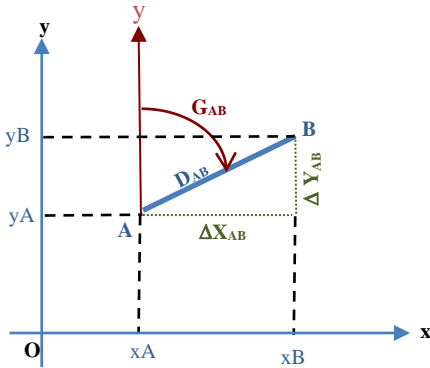
croquis - schémas	formules
<p><b>3-Triangle rectangle</b></p> 	<p> <math>\sin B = \text{côté opposé} / \text{hypoténuse} = b/a</math>  <math>\cos B = \text{côté adjacent} / \text{hypoténuse} = c/a</math>  <math>\tan B = \text{côté opposé} / \text{côté adjacent} = b/c</math>  <math>BA^2 + AC^2 = BC^2</math>  <b>Superficie</b>  <math>S = \frac{1}{2} \cdot (b \cdot c)</math> </p>
<p><b>4-Trapèze</b></p> 	<p> <math>S_1 = \text{superficie MJKQ}</math>  <math>JK^2 = MQ^2 - 2S_1 \cdot \left( \frac{1}{\tan Q} + \frac{1}{\tan M} \right)</math>  <math>JK = \frac{2S_1}{(MQ + JK) \cdot \sin Q}</math>  <math>JM = \frac{2S_1}{(MQ + JK) \cdot \sin M}</math> </p>
<p><b>5-Polygone de n cotés</b></p> 	<p> <b>Somme des angles intérieurs</b>  <math>\Sigma = (n - 2) \cdot 200</math>  <b>Somme des angles extérieurs</b>  <math>\Sigma = (n + 2) \cdot 200</math>  <b>Superficie</b>  <math>2S = \sum_{i=n}^{i=1} [x_i \cdot (y_{(i+1)} - y_{(i-1)})]</math>  <math>2S = \sum_{i=n}^{i=1} [y_i \cdot (x_{(i+1)} - x_{(i-1)})]</math> </p>

croquis - schémas	formules
<p><b>6-Raccordements circulaires</b></p> 	<p>Périmètre du cercle = <math>2 \cdot \pi \cdot r</math></p> <p>Superficie du disque = <math>\pi \cdot r^2</math></p> <p>Longueur de la corde <math>T_1T_2 = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\beta}{2}</math></p> <p>Longueur de l'arc <math>T_1T_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \beta}{400}</math></p> <p>Longueur de la flèche <math>MH = r - [r \cdot \cos \frac{\beta}{2}]</math></p> <p>Longueur du segment de la tangente</p> <p><math>ST_1 = ST_2 = r \cdot \tan \frac{\beta}{2}</math></p>
<p><b>7-Secteur circulaire : superficies</b></p> 	<p>Triangle: <math>S = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \sin \beta</math></p> <p>Secteur: <math>S = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \beta}{400}</math></p> <p>Segment: <math>S_{\text{secteur}} - S_{\text{triangle}}</math></p>

## croquis - schémas

## formules

### 8-Transformations de coordonnées



Distance AB :

$$x_B - x_A = \Delta x = D_{AB} \cdot \sin G_{AB}$$

$$y_B - y_A = \Delta y = D_{AB} \cdot \cos G_{AB}$$

$$D_{AB} = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$$

Gisement AB:

$$\tan G' = (x_B - x_A) / (y_B - y_A)$$

$$\tan G' = \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

on obtient  $G'$  avec son signe

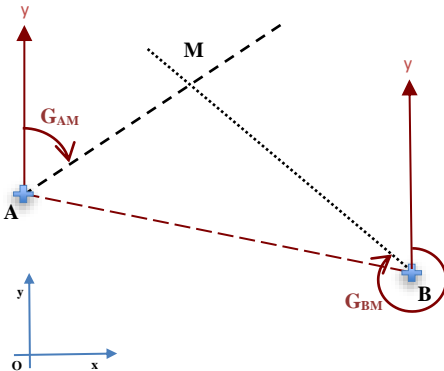
$$\text{si } \Delta x \geq 0 \text{ et } \Delta y \geq 0 \rightarrow G_{AB} = G'$$

$$\text{si } \Delta x \geq 0 \text{ et } \Delta y \leq 0 \rightarrow G_{AB} = G' + 200$$

$$\text{si } \Delta x \leq 0 \text{ et } \Delta y \leq 0 \rightarrow G_{AB} = G' + 200$$

$$\text{si } \Delta x \leq 0 \text{ et } \Delta y \geq 0 \rightarrow G_{AB} = G' + 400$$

### 9-Intersection de deux droites



**1ère méthode :**

$G_{AB}$  et  $D_{AB}$  par  $(x, y)$

**résolution du triangle AMB**

angle A =  $G_{AB} - G_{AM}$

angle B =  $G_{BM} - G_{BA}$

$D_{AM}$  et  $D_{BM}$

Calcul des  $(x, y)$  de M depuis A

**Contrôle :**  $(x, y)$  de M depuis B

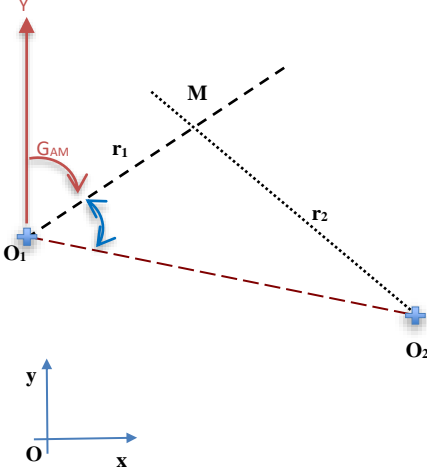
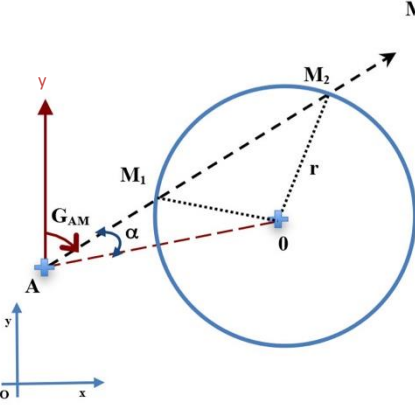
**2ème méthode : (formule de Delambre)**

depuis A

$$y_M - y_A = \frac{(x_A - x_B) - (y_A - y_B) \cdot \tan G_{BM}}{\tan G_{BM} - \tan G_{AM}}$$

$$x_M - x_A = (y_M - y_A) \cdot \tan G_{AM}$$

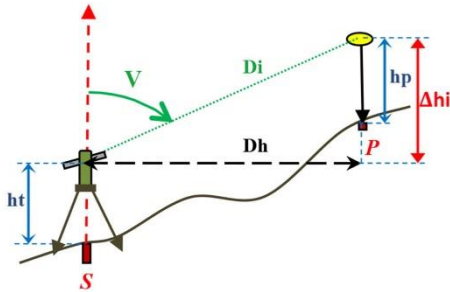
**Contrôle :** idem depuis B

croquis - schémas	formules
<p><b>10-Intersection de deux cercles</b></p> 	<p>calcul de <math>G_{O_1-O_2}</math> et <math>D_{O_1-O_2}</math> par <math>(x,y)</math></p> <p><b>résolution du triangle <math>O_1O_2M</math></b></p> <p>calcul de <math>G_{O_1-M}</math> Calcul des <math>(x,y)</math> de M depuis <math>O_1</math></p> <p><b>Contrôle :</b></p> <p>calcul de <math>G_{O_2-M}</math> Calcul des <math>(x,y)</math> de M depuis <math>O_2</math></p>
<p><b>11-Intersection droite – cercle</b></p> 	<p><math>G_{AO}</math> et <math>D_{AO}</math> par <math>(x,y)</math></p> <p><b>résolution du triangle <math>AOM_1</math></b></p> <p><math>OM_1 = r = \text{rayon}</math> Calcul de l'angle A, de l'angle <math>M_1</math>, de l'angle O Distance <math>AM_1</math> Gisement <math>AM_1</math> Calcul des <math>(x,y)</math> de <math>M_1</math> depuis A</p> <p><b>Contrôle :</b></p> <p>Calcul des <math>(x,y)</math> de <math>M_1</math> depuis O</p> <p>idem pour le triangle <math>AOM_2</math></p>

## croquis - schémas

## formules

### 12-Nivellement indirect



$$Dh = \sqrt{(Di^2 - \Delta hi^2)}$$

Dénivelée instrumentale  $\Delta hi$

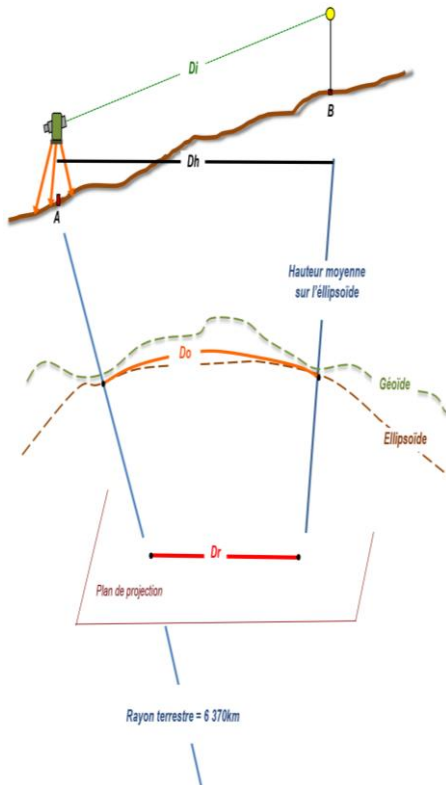
$$\Delta hi = Di \cdot \cos V$$

$$\Delta hi = Dh / \tan V$$

$$Dh = Di \cdot \sin V$$

$$H_p = H_s + ht + \Delta hi - hp$$

### 13- Corrections des distances



Pour obtenir une distance, il conviendra d'apporter aux mesures de longueurs les corrections suivantes :

- 1- constante de prisme (donnée constructeur)
- 2- correction atmosphérique - **Ca** -

obtenue par lecture sur un abaque (saisie sur le terrain au moment des mesures)

- 3- réduction à l'horizontale

$$Dh = Di \cdot \sin V$$

- 4- correction de réduction à l'ellipsoïde -

**Co** - ou **C**ellipsoïde

$$Co = - \frac{Dh \cdot h}{R + h}$$

- 5- correction de représentation plane ou de projection

- **Cr** ou **Cl** -

*cette correction varie en fonction de la situation géographique du chantier, elle est obtenue avec « CIRCE ».*

## formules

**Transformer une Dh en Dr** (*distance réduite à la projection*)

### Coefficients de réduction et module

- Coefficient de réduction à l'ellipsoïde:

$$k_{\text{ellipsoïde}} = -1000 \cdot \frac{hm}{(Rm + hm)}$$

- Coefficient d'altération linéaire :

**kr** obtenu à l'aide du logiciel CIRCE

*hm* = hauteur moyenne au dessus de l'ellipsoïde

*Rm* = rayon moyen de la terre (6373 km)

avec, *Rm* et *hm* en m, et *k<sub>ellipsoïde</sub>* et *kr* en m/km

**Module m** (*avec 6 décimales*)

$$m = 1 + \frac{k_{\text{ellipsoïde}} + kr}{1000}$$

**Distance réduite à la projection**

$$Dr = Dh \cdot m$$

*Dr* et *Dh* en mètre

### 14- Correction de niveau apparent

Pour des portées supérieures à 300m, il est nécessaire de prendre en compte deux erreurs systématiques :

- l'erreur due à la sphéricité de la terrestre
- l'erreur due à la réfraction atmosphérique.

Ces erreurs de sphéricité et de réfraction sont généralement associées en une seule erreur nommée **erreur de niveau apparent**.

La correction globale est appelée correction de niveau apparent **Cna**.

Cette correction est à ajouter à la dénivelée.

expression simplifiée :  $Cna = \frac{Dh^2}{15,2}$

Avec *Cna* en mètre, et *Dh* en km

### 15- Calcul d'une moyenne de plusieurs valeurs

**Moyenne arithmétique :**

$$\text{Moyenne des valeurs} = \frac{\text{valeur 1} + \text{valeur 2} + \dots + \text{valeur } n}{n}$$

avec : *n* = nombre de valeurs prises en compte

**Moyenne pondérée :**

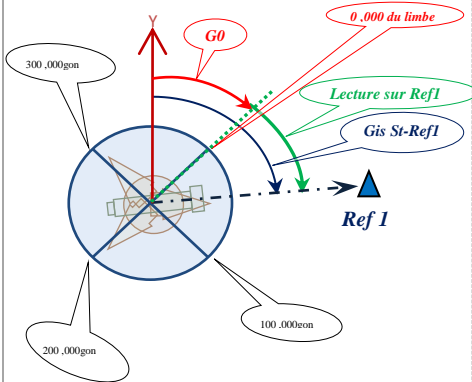
$$\text{Moyenne des valeurs} = \frac{\sum Vi \cdot pi}{\sum pi}$$

avec : *V* = valeur (longueur, angle, etc.)  
*pi* = poids attribué à la valeur *i*

## croquis - schémas

## formules

### 16- le G0 (ou V0):



Le **G0** (ou **V0**) d'une station est le gisement du zéro du limbe de l'appareil : gisement de la droite passant par le centre du limbe et la graduation « zéro » de ce limbe.

$$GO_{\text{station}} = G_{\text{is St-Ref1}} - \text{lecture sur Ref1}$$

### Le Go moyen

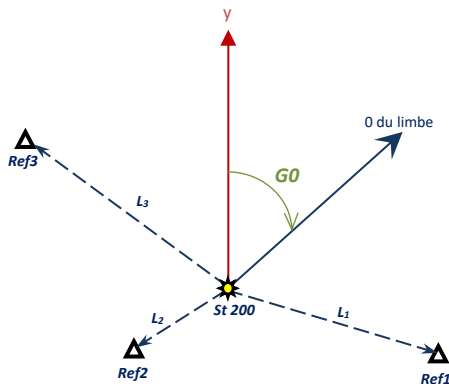
Pour obtenir une précision satisfaisante de l'orientation de la station (et la contrôler !) plusieurs références connues en coordonnées sont visées. Il faut alors calculer un **G0 moyen** à partir des différents G0 obtenus.

Moyenne arithmétique :

$$Go_{St200} = \frac{GO_{St200-Ref1} + GO_{St200-Ref2} + GO_{St200-Ref3}}{3}$$

Moyenne pondérée :

$$Go_{\text{moyen St}200} = \frac{(GO_{\text{St-Ref1}} \cdot L_1) + (GO_{\text{St-Ref2}} \cdot L_2) + (GO_{\text{St-Ref3}} \cdot L_3)}{L_1 + L_2 + L_3}$$



Deux méthodes sont alors possibles :

a - **Go moyen par moyenne arithmétique** : si les visées sont sensiblement d'égales longueurs.

$$GO_{\text{moyen St}} = \frac{\sum GO_{\text{St-Ref } i}}{n}$$

avec **n** = nb de visées

b - **Go moyen par moyenne pondérée** : si les visées sont d'inégales longueurs

La pondération est alors proportionnelle à la longueur de chaque visée.

**Remarque** : plus une visée est longue plus son orientation angulaire est précise.

$$GO_{\text{moyen St}} = \frac{\sum (GO_{\text{St-i}} \cdot L_i)}{\sum L_i}$$

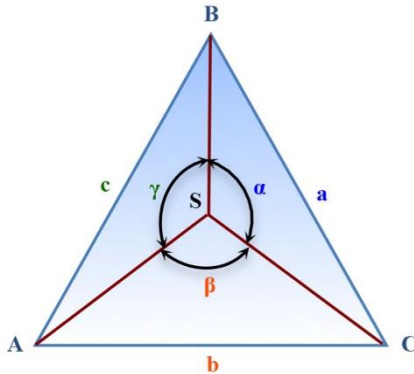
avec :

**GO<sub>St-i</sub>** = différents G0 calculés depuis la station  
**L<sub>i</sub>** = longueur de chaque visée

## croquis - schémas

## formules

### 17-Relèvement sur 3 points : méthode du barycentre



S est inconnu et stationné

A, B et C sont trois points connus

$\alpha + \beta + \gamma = 400 \text{ gon}$  et  $A + B + C = 200 \text{ gon}$

$$ma = \frac{1}{(\cotan A - \cotan \alpha)}$$

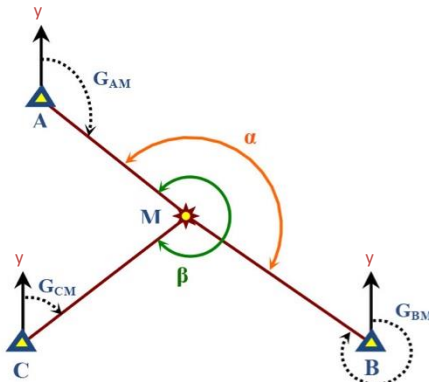
$$mb = \frac{1}{(\cotan B - \cotan \beta)}$$

$$mc = \frac{1}{(\cotan C - \cotan \gamma)}$$

$$x_S = \frac{ma \cdot x_A + mb \cdot x_B + mc \cdot x_C}{ma + mb + mc}$$

$$y_S = \frac{ma \cdot y_A + mb \cdot y_B + mc \cdot y_C}{ma + mb + mc}$$

### 18-Relèvement sur 3 points : méthode de Delambre



M est inconnu et stationné

A, B et C sont trois points connus

$$\tan G_{AM} = \frac{\left[\left(\frac{x_A - x_B}{\tan \alpha}\right) - \left(\frac{x_A - x_C}{\tan \beta}\right) + (y_B - y_C)\right]}{\left[\left(\frac{y_A - y_B}{\tan \alpha}\right) - \left(\frac{y_A - y_C}{\tan \beta}\right) - (x_B - x_C)\right]}$$

$$G_{BM} = G_{AM} + \alpha$$

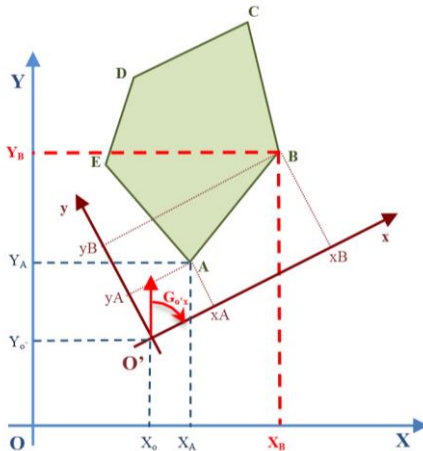
$$y_M = y_A + \frac{[(x_A - x_B) - (y_A - y_B) \cdot \tan G_{BM}]}{(\tan G_{BM} - \tan G_{AM})}$$

$$x_M = x_A + (y_M - y_A) \cdot \tan G_{AM}$$

## croquis - schémas

### 19- Changement de base :

passer d'un système initial à un système final



-sur le schéma, XOY représente un système orthonormé plan-

Avec sur le schéma :

$xO'y$  = système initial

XOY = système final

$x_A$  et  $y_A$  = coordonnées dans le système initial

$X_A$  et  $Y_A$  = coordonnées dans le système final

$G_{AB}$  = gisement dans le système final

$g_{AB}$  = gisement dans le système initial

## formules

Éléments connus :

- Les coordonnées  $x$  et  $y$  des points A et B sont connues dans le système initial.

- Les coordonnées  $X$  et  $Y$  des points  $O'$  et A sont connues dans le système final.

- Avec le gisement de l'axe  $O'x$  connu dans le système général :  $GO'x = G_{AB} - g_{AB} + 100$

Éléments cherchés :

$$X_B = X_A + \Delta x \cdot \sin Go'x - \Delta y \cdot \cos Go'x$$

$$Y_B = Y_A + \Delta x \cdot \cos Go'x + \Delta y \cdot \sin Go'x$$

Soit pour un cas général

$$X_n = X_{(n-1)} + \Delta x \cdot \sin Go'x - \Delta y \cdot \cos Go'x$$

$$Y_n = Y_{(n-1)} + \Delta x \cdot \cos Go'x + \Delta y \cdot \sin Go'x$$

avec  $\Delta x = x_n - x_{(n-1)}$  et  $\Delta y = y_n - y_{(n-1)}$

- Avec le gisement de l'axe  $O'y$  connu dans le système final :  $GO'y = G_{AB} - g_{AB}$

$$X_n = X_{(n-1)} + \Delta x \cdot \cos Go'y + \Delta y \cdot \sin Go'y$$

$$Y_n = Y_{(n-1)} + \Delta y \cdot \cos Go'y - \Delta x \cdot \sin Go'y$$

## 20- Les Tolérances : Classes de précision (modèle standard) arrêté 2003, modifié 2006

Pour tout échantillon comportant  $N$  objets géographiques, on calcule l'écart moyen en position  $E_{moy\ pos}$

Celui-ci est défini par la moyenne arithmétique des écarts en position  $E_{pos}$  relevés sur les points des objets géographiques.

On dit que la population dont est issu l'échantillon comportant  $N$  éléments est de classe de précision  $[xx]$  cm lorsque simultanément les **trois conditions a, b, et c** sont remplies :

a/ l'écart moyen en position de l'échantillon est inférieur à  $T$

$$E_{moy\ pos} \leq T \quad \text{avec} \quad T = [xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2}\right) cm$$

$C$  = coefficient de sécurité des mesures de contrôle donnée par le cahier des charges (usuellement  $C=2$ )

b/ le nombre  $N'$  d'écarts dépassant le premier seuil  $T_1 = k \times [xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2}\right)$  n'excède pas l'entier immédiatement supérieur à  $0,01 \times N + 0,232 \times \sqrt{N}$

$k$  = valeur indiquée dans la **Table 1** en fonction du nombre  $n$  de coordonnées caractérisant la position des objets géographiques.

**Table 1** : valeurs du coefficient  $k$  en fonction du nombre  $n$  de coordonnées caractérisant la position des objets géographiques considérés et suivant la même loi statistique.

$n$	1	2	3
$k$	3.23	2.42	2.11

c/ aucun écart en position  $E_{pos}$  dans l'échantillon n'excède le second seuil

$$T_2 = 1.5 \times k \times [xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2}\right) cm$$

ou  $T_2 = 1,5 \times T_1$  cm

Lorsque  $N < 5$ , aucun écart supérieur à  $T_2$  n'est admis ( voir **Table 2** )

**Table 2** : Nombre d'écarts acceptés

$N$ (nombre d'éléments de l'échantillon)	1	5	14	45	86	133	185	241	299	360	423
	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à
	4	13	44	85	132	184	240	298	359	422	487
$N'$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Selon les catégories de plans planimétriques et altimétriques, il est possible d'indiquer de façon approximative, les **classes de précision** suivantes relatives aux levés de détail et aux vérifications des plans :

Échelle du plan	Nature du plan	Catégorie planimétrique	Classe de précision (cm)
Toutes échelles	numérique	P1	2
1/200	régulier	P2	4
1/500	régulier	P3	10
1/1000	régulier	P4	20
1/2000	régulier	P5	40
1/5000	régulier	P6	100
Toutes échelles	expédié	P7	> 100

Catégorie altimétrique	Classe de précision (cm)
A1	1
A2	2
A3	4
A4	10
A5	20
A6	> 20