## Programme Topographie 1 L2 Génie Civil

## CONTENU DE LA MATIERE

**Chapitre 1. Généralités (3 semaines)**
La topographie dans l'acte de construire, Les différents appareils de mesure topographique, Les échelles (les plans, les cartes), Les fautes et les erreurs

**Chapitre 2. Mesure de distances (3 semaines)**
Mesure directe des distances, Méthodes d'alignement et précisions, Pratique de mesurage, Mesures indirects de distance

**Chapitre 3. Mesure des Angles (3 semaines)**
Principe de fonctionnement d'un théodolite, Mise en station d'un théodolite (Réglage, Lecture), Lecture d'angles horizontaux, Lecture d'angles verticaux.

**Chapitre 4. Détermination des surfaces (3 semaines)**
Calcul de la surface d'un polygone, Détermination des surfaces des contours représentés sur le plan, Planimètre et mesure des surfaces.

**Chapitre 5. Nivellement direct et Indirect (3 semaines)**
Nivellement Direct, Nivellement Indirect.

**Mode d'évaluation :**
Examen : 100 %.

**Références bibliographiques :**
1. Antoine, P., Fabre, D., « **Topographie et topométrie modernes (Tome 1 et 2) »,** Serge Milles et Jean Lagofun, 1999.
2. Bouquillard, « **Cours De Topographie »,** BepTech.geo T1, 2006
3. Dubois, F. et Dupont, G. (1998) « **précis de topographie, Principes et méthodes** », Editions Eyrolles Paris
4. Herman, T. (1997a) « **Paramètres pour l'ellipsoïde »,** Edition Hermès, Paris
5. Herman, T. (1997b) « **Paramètres pour la sphère »,** Edition Dujardin, Toulouse
6. Meica (1997), « **Niveaux numériques** », MiecaGeosystems, Paris
7. Tchin, M. (1976) « **Topographie appliquée** », Cours à l'école Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg, Spécialité Topographie.

8. Lapointe, L., Meyer G., « Topographie appliquée aux Travaux Publics, Bâtiments et Levers urbains », Editions Eyrolles Paris, 271p, 1984.
9. Dubuisson, « **Cours élémentaires de topographie** », Editions Eyrolles Paris, 120p, 1982.

# IV. MESURE DE LA PLANIMETRIE (Détermination des surfaces)

## IV.1 DEFINITION

Les travaux de topographie en surface limitée sont exécutés soit :

Dans un système de coordonnées rectangulaires planes arbitraires XOY dont on choisit l'axe Y le plus près possible du Nord.

Dans un système de coordonnées Lambert en considérant la terre comme plate.

Ce système conserve les angles mesurés sur le terrain, les distances subissent de légères altérations.

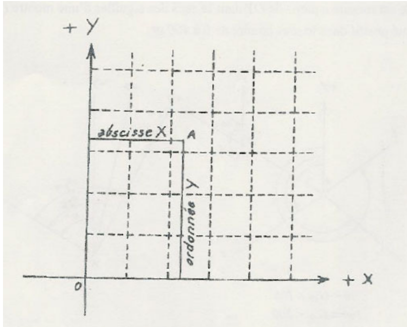



Fig. IV.1 Système de Coordonnées Cartésiennes

## IV.2 DEFINITION DES AXES

IV.2.1 Nord Lambert ou Nord Géodésique NL ou Y

Direction des Y positifs en un point, c'est le Nord du quadrillage.

IV.2.2 Nord Géographique NG

Direction du point vers le pôle nord.

IV.2.3 Nord Magnétique NM

Direction de la pointe de l'aiguille aimantée (boussole). Elle varie dans le temps et est influencée par les corps magnétiques proches du lieu d'observation.

## IV.3. DEFINITTON DES ORIENTATIONS

IV.3.1. Azimut

L'azimut d'une direction est l'angle compté depuis une direction de référence dans le sens horaire (AzG, AzM, Gisement).

IV.3.2. Gisement

On appelle gisement d'une direction AB noté $G_{AB}$, l'angle compris entre l'axe des Y (NL) et cette direction.

Cet angle est mesuré à partir de OY dans le sens des aiguilles d'une montre (sens horaire), il est compté positif dans le sens horaire de 0 à 400 gr.

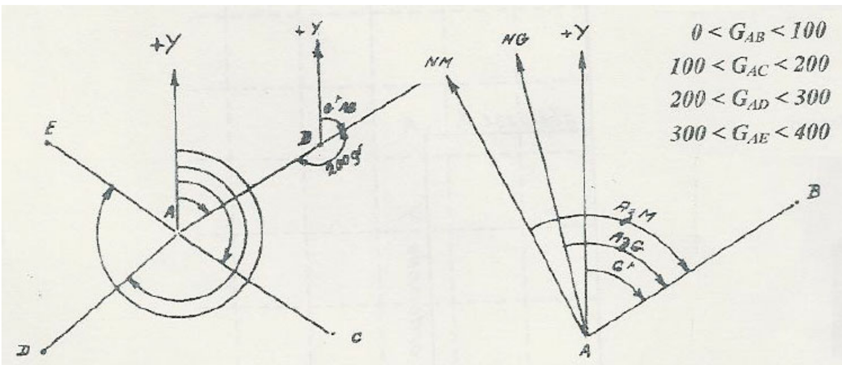



Fig. IV.2 Schéma des gisements

## IV.4. CALCUL DE GISEMENTS

IV.4.1 REGLE DE CALCUL

Considérons deux points A et B dont on connait les coordonnées XA, YA et XB, YB. Ces deux points définissent 1a droite AB.

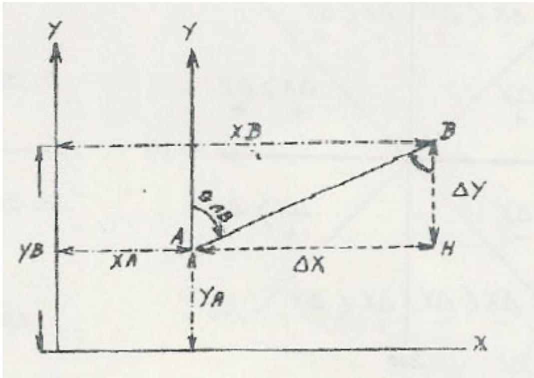



Fig. IV.3 Coordonnées des points et gisements

Soit à calculer le gisement $G_{AB}$ d'une direction AB dont A est l'origine et B l'extrémité.

1) Calculer ΔX et ΔY toujours dans le sens extrémité moins origine :

$\Delta X = X_B - X_A$

$\Delta Y = Y_B - Y_A$

2) Situer sur le tableau 1 la direction AB en positionnant l'origine A à l'intersection des axes X et Y.
3) Effectuer le rapport, en valeur absolue, $tg(g) = \frac{\Delta X}{\Delta Y} ou \ \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ en divisant le plus petit Δ sur le plus grand **Δ**.

g est l'angle entre la direction AB considérée et l'axe de coordonnées le plus proche.

4) Déterminer le gisement G par rapport à g en se référant au tableau 2 (Voir Fig. IV.3).

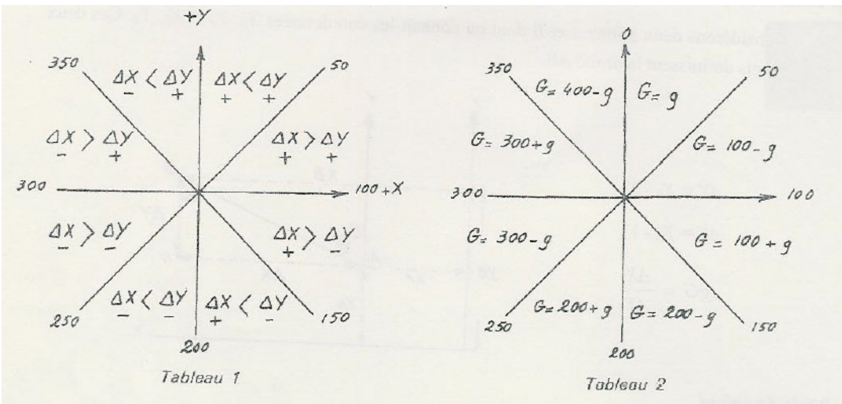


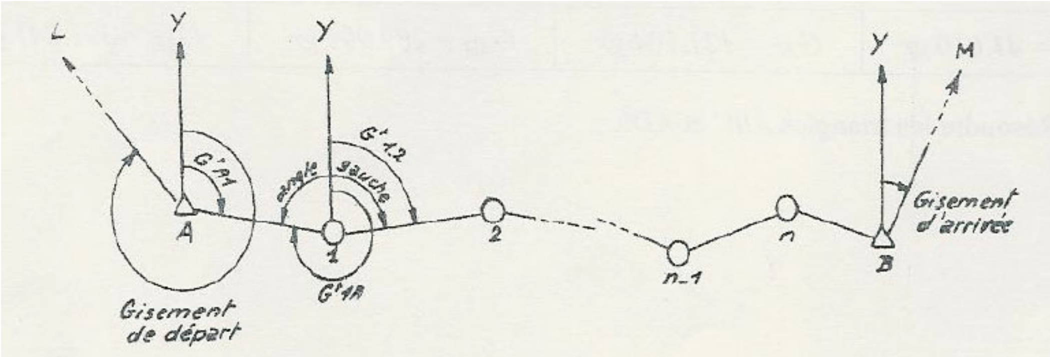

Fig. IV.3 Valeurs des gisements

IV.4.2 CALCUL DE GISEMENT INVERSE ET DE GISEMENTS SUCCESSIFS

- Gisement inverse

$G_{BA} = G_{AB} \pm 200$ gr, suivant la position.

- Gisement successif



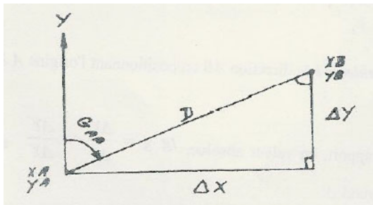

$$G_{BC} = G_{AB} \pm 200gr + \hat{B}$$

Soit : Gisement d'un coté = Gisement inverse précédent + angle de gauche

L'angle de gauche est l'angle se trouvant à gauche dans le sens de cheminement.

## IV.5 CALCUL D'UNE DISTANCE ENTRE DEUX POINTS

Soient deux points A et B dont on connaît les coordonnées.
Application du théorème de Pythagore :




$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

a. Gisement

$$D = \frac{\Delta X}{\sin(G)} = \frac{\Delta Y}{\cos(G)}$$

D = (distance horizontale)

## IV.6 SYSTEMES DE COORDONNEES POLAIRES ET RECTANGULAIRES

Un point A peut être déterminé de deux manières

- par ses coordonnées rectangulaires $X_A$ et $Y_A$
- par ses coordonnées polaires $D_{OA}$ et $G_{OA}$

IV.6.1 Conversion des coordonnées polaires en coordonnées rectangulaires :
Soient deux points A et B dont on connaît les coordonnées polaires D et G.
ΔX = D * sin(G)
ΔY = D * cos(G)

IV.6.2 Conversion des coordonnées rectangulaires en coordonnées polaires :
Soient deux points A et B dont on connaît les coordonnées rectangulaires X et Y

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$
$$tg(G) = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

## IV.7 DETERMINATION DES SURFACES

La détermination des superficies, à partir de cartes ou de la nature, est considérée comme une opération de base dans le domaine de la topographie.

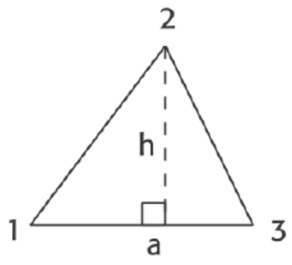
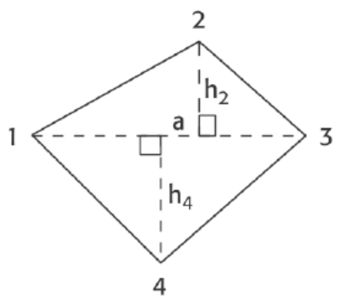
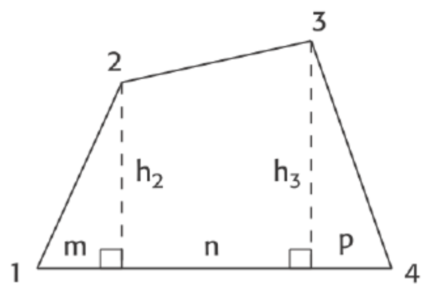
Le calcul de la surface varie en fonction des données et de la forme des surfaces que nous voulons calculer, elle peut prendre la forme de géométrique régulière ou irrégulière. Dans cette partie, nous allons présenter les méthodes de calcul.
Pour déterminer la surface d'un polygone fermé il faut connaitre :

- ✓ les coordonnées cartésiennes,
- ✓ les coordonnées polaires,
- ✓ les distances et les gisements de ce polygone.

### IV.7.1 Décomposition d'un polygone en forme simple (triangles et trapèzes)

Le polygone reporté à l'échelle est décomposé graphiquement en triangles et trapèzes les plus proches possible du triangle équilatéral et du rectangle. À partir des mesures graphiques des bases et des hauteurs (voir Tableau. IV), les superficies sont calculées par les formules élémentaires.

Tableau IV.1 Surface des formes de base.

<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>$S = \frac{1}{2} a \times h$</td>
<td>$S = \frac{1}{2} a \times (h_2 + h_4)$</td>
<td>$S = \frac{1}{2}(mh_2 + n(h_2 + h_3) + ph_3)$</td>
</tr>
</table>

### IV.7.2 Surface d'un polygone suivant les coordonnées cartésiennes (X, Y)

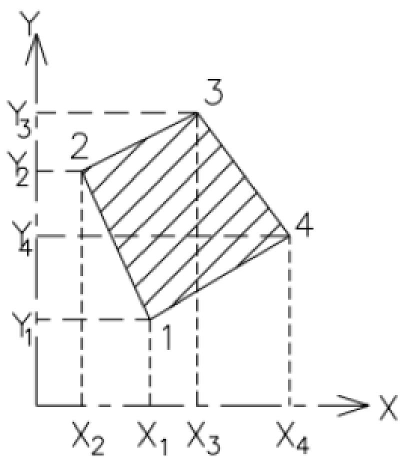
Soit un polygone de n sommets dont chacun est connu par ses coordonnées rectangulaires Xi Yi (voir Fig. IV.)

L'aire de ce polygone peut être calculée comme suit :

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} X_i (Y_{i-1} - Y_{i+1})$$

ou

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} Y_i (X_{i-1} - X_{i+1})$$



**Exemple 1**

Nous avons le polygone de 5 sommets avec ses coordonnées locales présentées dans le tableau suivant. Déterminer sa surface ?

| Point | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Xi m | 120,41 | 341,16 | 718,59 | 821,74 | 297,61 |
| Yi m | 667,46 | 819,74 | 665,49 | 401,6 | 384,13 |

Solution :

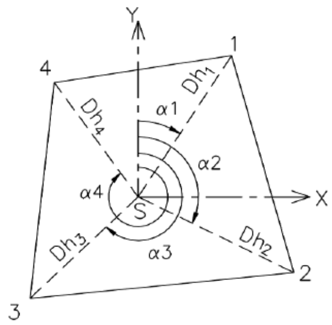
| Point | Xi | Yi | Xi-1 - Xi+1 | Yi-1 - Yi+1 | Xi(Yi-1 - Yi+1) | Yi(Xi-1 - Xi+1) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| E_répété | 297,61 | 384,13 | | | | |
| A | **120,41** | **667,46** | -43,55 | -435,61 | -52451,8001 | -29067,883 |
| B | **341,16** | **819,74** | -598,18 | 1,97 | 672,0852 | -490352,0732 |
| C | **718,59** | **665,49** | -480,58 | 418,14 | 300471,2226 | -319821,1842 |
| D | **821,74** | **401,6** | 420,98 | 281,36 | 231204,7664 | 169065,568 |
| E | **297,61** | **384,13** | 701,33 | -265,86 | -79122,5946 | 269401,8929 |
| A_répété | 120,41 | 667,46 | | | | |
| **Total** | | | | | 400773,6795 | -400773,6795 |
| **Surface** | | | | | **200386,8398** | **-200386,8398** |

### IV.7.3 Surface d'un polygone suivant les coordonnées polaires (D, α)

Un théodolite stationné au point S permet d'effectuer les lectures des angles $\alpha_i$ sur les sommets du polygone et on mesure la distance horizontale du point S à chaque sommet. On connaît donc ces sommets en coordonnées polaires (**Dh, α**) dans le repère (S, X, Y), l'axe des ordonnées Y étant la position du zéro du cercle horizontal du théodolite.

L'aire de ce polygone peut être calculé comme suit :

$$S = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{i=n} Dh_i \cdot Dh_{i+1} \cdot \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i)$$



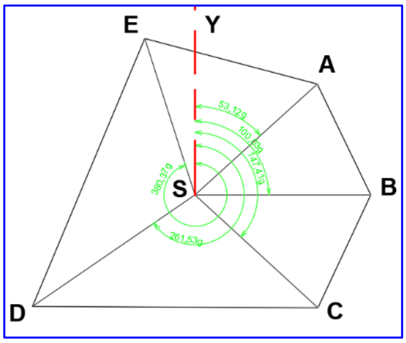

**Exemple**

Déterminer la surface d'un polygone de 5 sommets sachant que ses coordonnées polaires, à partir de la station S, sont présentées dans le tableau suivant :

| Points | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| **Dh (m)** | 48,12 | 51,33 | 48,71 | 57,48 | 47,93 |
| **Angles (gr)** | 53,12 | 100,03 | 147,41 | 261,53 | 380,37 |

Solution :

| Triangles | Dhi | Dhi+1 | α | Surface |
|---|---|---|---|---|
| ASB | 48,12 | 51,33 | 46,91 | 829,8781 |
| BSC | 51,33 | 48,71 | 47,38 | 846,8655 |
| CSD | 48,71 | 57,48 | 114,12 | 1365,6326 |
| DSE | 57,48 | 47,93 | 118,84 | 1317,6265 |
| ESA | 47,93 | 48,12 | 72,75 | 1049,1548 |
| Surface | | | | 5409,1575 |

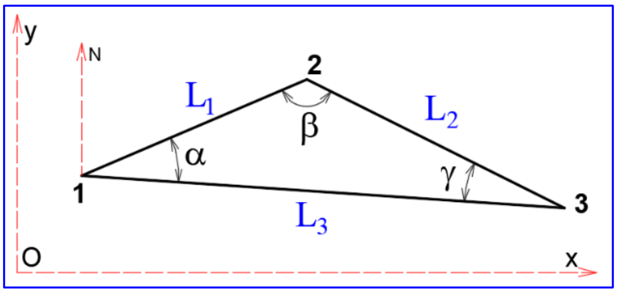



## IV.8 APPLICATIONS

### Exemple 01

On a les coordonnées des trois points 1,2 et 3

| Point | Coordonnées | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| 1 | 100.00 | 150.00 |
| 2 | 450.00 | 300.00 |
| 3 | 850.00 | 100.00 |




On demande :

1) Calculer les gisements : $G_{12}$, $G_{13}$, $G_{21}$, $G_{23}$, $G_{31}$ et $G_{32}$ ?
2) Calculer les distances : L1, L2 et L3 ?
3) Calculer les valeurs des angles du triangle 123 ?

### Exemple 02 :

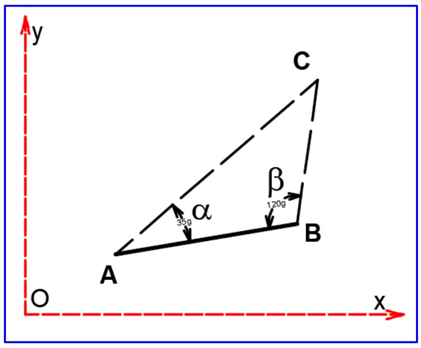
On donne les cordonnés des points A et B,

$X_A$ = 150 m ; $Y_A$= 100 m

$X_B$ = 450 m ; $Y_B$ = 150 m

Avec : α = 35 gr ; β = 120 gr

On demande :




- Les cordonnés du point C
- Sur une feuille de format A4 et à l'échelle 1/5000, présenté graphiquement les points A, B et C avec la nécessité de nomination des gisements.

### Exemple 03 :

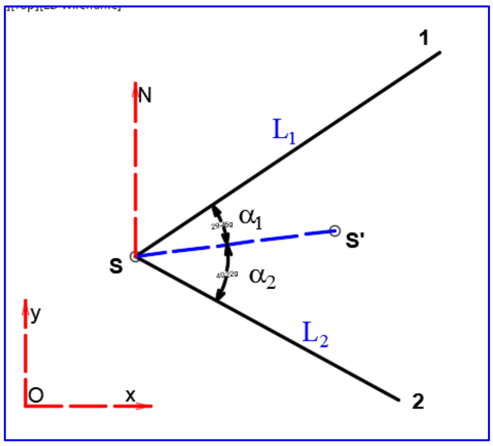
Après une opération de levé des points (1) et (2), on a les résultats suivants :

- ✓ $L_1$ = 72.56 m $L_2$ = 59.30 m
- ✓ $\alpha_1$ = 29.45 gr $\alpha_2$ = 40.22 gr

avec :

- ✓ Xs= 119.25 m Ys = 56.18 m
- ✓ Xs' = 158.72 m Ys' = 61.33 m

On demande les cordonnés des points (1) et (2) ?

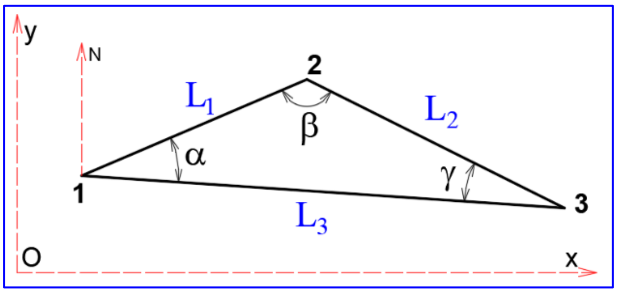


## Solution :

### Exemple 01

On a les coordonnées des trois points 1,2 et 3

| Point | Coordonnées | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| 1 | 100.00 | 150.00 |
| 2 | 450.00 | 300.00 |
| 3 | 850.00 | 100.00 |




### Calcul des Gisements :

**Gisement G12 :**

$\Delta x = x_2 - x_1 = 450 - 100 = 350m$ ; $\Delta y = y_2 - y_1 = 300 - 150 = 150m$

$tgG = \frac{|\Delta x|}{|\Delta y|} = \frac{350}{150} = 2,333$ ==> **G=74,223** grades

Puisque Δx >0 et Δy >0 donc, G12 est situé au premier quadrant : G12=74,223 grades

**Gisement G21 :**

G21=G12+200 ==> G21 = 274,223 grades

**Gisement G23 :**

$\Delta x = x_3 - x_2 = 850 - 450 = 400m$ ; $\Delta y = y_3 - y_2 = 100 - 300 = -200m$

$tgG = \frac{|\Delta x|}{|\Delta y|} = \frac{400}{200} = 2,000$ ==> **G=70,483** grades

Puisque Δx >0 et Δy <0 donc, G23 est situé au deuxième quadrant : G23=200-70,483 g
G23=129,516 grades.

**Gisement G32 :**

G32=G23+200 ==> G32 = 329,516 grades

**Gisement G31 :**

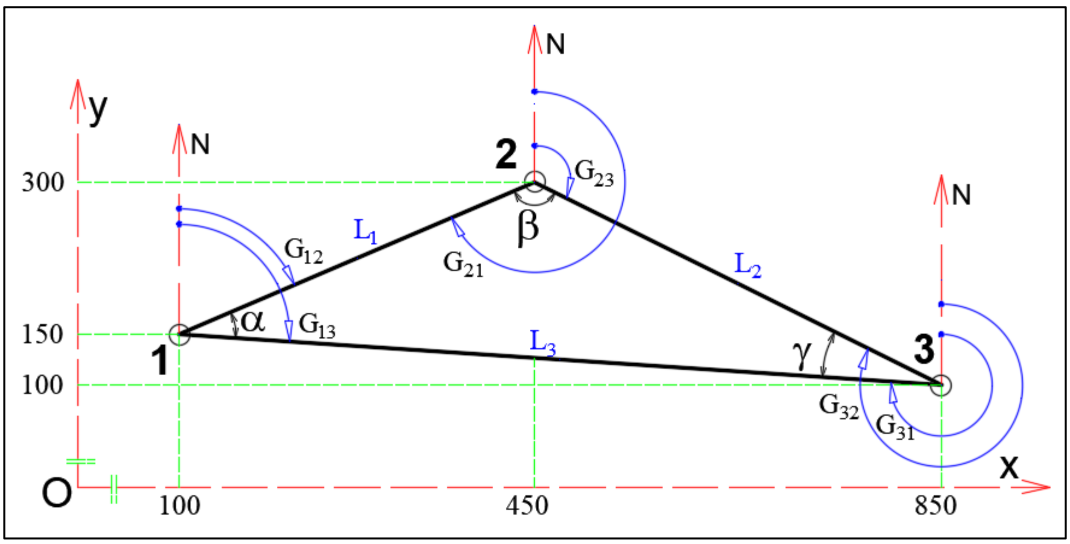
$\Delta x = x_1 - x_3 = 100 - 850 = -750m$ ; $\Delta y = y_1 - y_3 = 150 - 100 = 50m$

$tgG = \frac{|\Delta x|}{|\Delta y|} = \frac{750}{50} = 15,000$ ==> **G=95,762** grades

Puisque Δx <0 et Δy >0 donc, G31 est situé au quatrième quadrant : G31=400-95,762 g
G23=304,238 grades.

**Gisement G13 :**

G13=G31-200 ==> G32 = 104,762 grades



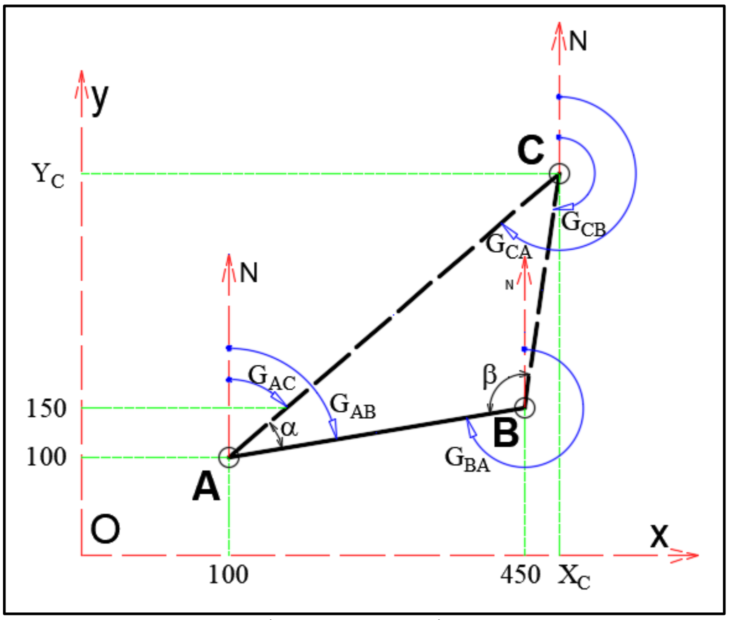
**Calcul des distances : $L_1$, $L_2$ et $L_3$**

$$L_1 = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(300)^2 + (150)^2} = 380{,}788\ m$$
$$L_2 = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(400)^2 + (200)^2} = 447{,}213\ m$$
$$L_3 = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(750)^2 + (50)^2} = 751{,}664\ m$$

**Calcul des valeurs des angles du triangle 123 α, β et γ**

**α**=G13-G12 = 104,238-74,223 = 30,015 g
**β**=G21-G23 = 274,223-129,516 = 144,707 g
**γ**=G32-G31 = 329,516-304,238 = 25,278 g
Vérification :
**α+β+γ** = 30,015+144,707+25,278 = 200,000 g

**Exemple 02 :**
On donne les cordonnés des points A et B,
$X_A$ = 150 m ; $Y_A$= 100 m
$X_B$ = 450 m ; $Y_B$ = 150 m
avec : α = 35 gr ; β = 120 gr




**Calcul des coordonnés du point C :**
Calcul des Gisements :
**Gisement $G_{AB}$ :**
$\Delta x = x_B - x_A = 450 - 150 = 300m$ ; $\Delta y = y_B - y_A = 150 - 100 = 50m$
$tgG = \frac{|\Delta x|}{|\Delta y|} = \frac{300}{50} = 6$ ==> **G=89,48** grades
Puisque Δx >0 et Δy >0 donc, $G_{AB}$ est situé au premier quadrant : $G_{AB}$=89,48 grades
Gisement $G_{BA}$ :
$G_{BA}$=$G_{AB}$+200 ==> $G_{BA}$ = 289,48 grades

**Gisement $G_{BC}$ :**
$G_{BC}$=$G_{BA}$ + β = 289,48 + 120,00 = 409,48 g ==> $G_{BC}$ = 9,48 g

Gisement $G_{CB}$ :
$G_{CB}$=$G_{BC}$+200 ==> $G_{CB}$ = 209,48 grades

| | |
|---|---|
| $y_C = \frac{(x_A - x_B) - (y_A - y_B)tg(G_{BC})}{tg(G_{BC}) - tg(G_{AC})} + y_A$<br>$y_C = \frac{(150 - 450) - (100 - 150)tg(9{,}48)}{tg(9{,}48) - tg(54{,}48)} + 100$<br>$\boldsymbol{y_C = 392{,}20\ m}$ | $x_C = x_A + (y_C - y_A)tg(G_{AC})$<br>$x_C = 150 + (392{,}20 - 100)tg(54{,}48)$<br>$\boldsymbol{x_C = 486{,}62\ m}$ |

**Exemple 03 :**

Après une opération de levé des points (1) et (2),
on a les résultats suivants :

- ✓ $L_1$ = 72.56 m $L_2$ = 59.30 m
- ✓ $\alpha_1$ = 29.45 gr $\alpha_2$ = 40.22 gr

avec :

- ✓ Xs= 119.25 m Ys = 56.18 m
- ✓ Xs' = 158.72 m Ys' = 61.33 m

**Calcul des coordonnés des points (1) et (2) :**

Gisement $G_{ss'}$ :

$\Delta x = x_{S'} - x_S = 158.72 - 119.25 = 39{,}47\ m$ ; $\Delta y = y_{S'} - y_S = 61.33 - 56.18 = 5{,}15\ m$

$tgG = \frac{|\Delta x|}{|\Delta y|} = \frac{39{,}47}{5{,}15} = 7{,}664$ ==> **G=91,74** grades

Puisque Δx >0 et Δy >0 donc, $G_{SS'}$ est situé au premier quadrant : $G_{SS'}$=91,74 grades

**Gisement $G_{S1}$ et $G_{S2}$ :**

$G_{S1} = G_{SS'} - \alpha_1$ = 91,74 – 29,45 ==> $G_{S1}$ = 62,29 gr
$G_{S2} = G_{SS'} + \alpha_2$ = 91,74 + 40,22 ==> $G_{S2}$ = 131,96 gr

| | | |
|---|---|---|
| Point (1) | $\Delta x = x_1 - x_S = L_1 \times sin(G_{S1})$<br>$x_1 = x_S + L_1 \times sin(G_{S1})$<br>$x_1 = 119{,}25 + 72{,}56 \times \sin(62{,}29^{gr})$<br>$x_1 = 179{,}45\ m$ | $\Delta y = y_1 - y_S = L_1 \times cos(G_{S1})$<br>$y_1 = y_S + L_1 \times cos(G_{S1})$<br>$y_1 = 56{,}18 + 72{,}56 \times \cos(62{,}29^{gr})$<br>$y_1 = 96{,}69\ m$ |
| Point (2) | $\Delta x = x_2 - x_S = L_2 \times sin(G_{S2})$<br>$x_2 = x_S + L_2 \times sin(G_{S2})$<br>$x_2 = 119{,}25 + 59{,}30 \times \sin(131{,}96^{gr})$<br>$x_2 = 171{,}23\ m$ | $\Delta y = y_2 - y_S = L_2 \times cos(G_{S2})$<br>$y_2 = y_S + L_2 \times cos(G_{S2})$<br>$y_2 = 65{,}18 + 59{,}30 \times \cos(131{,}96^{gr})$<br>$y_2 = 36{,}65\ m$ |