

Département de Génie Civil
Faculté de Technologie, Université de Bejaia

Les voiries

Dr. S Djadouf ép Arezki

1. Introduction
2. Facteurs déterminant dans l'établissement d'un plan de voirie
3. Facteurs affectant la capacité d'une voirie
4. Conception et réalisation

1. Introduction et définition

L'idée d'une voirie est née dans les temps anciens depuis que les êtres humains empruntaient les mêmes parcours pour accomplir leurs activités quotidiennes. Cette idée n'a pas cessé d'évoluer à travers l'histoire compte tenu de l'évolution du mode de vie des usagers. L'apparition des engins mécaniques a donné un grand pas pour la réalisation des voiries, qui, à présent fait l'objet de toute une étude technique avant d'entamer les travaux pour sa réalisation.

Une voirie est un réseau constitué d'un espace collectif qui est appelé à couvrir la circulation des différents usagers (piétons, véhicules) avec une certaine fluidité.

Elle désigne à la fois ; l'ensemble des voies de circulation (route, chemins, rues etc...)

On distingue :

- Voirie primaire, comprenant les routes et voies de liaison.
- Voirie secondaire, comprenant les rues, avenues et boulevards destinés à desservir directement un quartier ou bien une zone d'activités secondaires.
- Voirie tertiaire, comprenant les voies principales internes à chaque quartier, à gestion communale ou privée. Elle est conçue dans le but d'établir une liaison de circulation dans les habitations et groupe d'habitation pour:
 - Desservir chaque habitation et chaque groupe d'habitation par un tronçon de voirie.
 - Assurer une fluidité de circulation suffisante afin d'éviter les problèmes de circulation.
 - Elle est aménagée de telle façon à protéger les piétons et les véhicules en stationnement.

Le concepteur de voiries détermine le nombre de voies en fonction du volume de circulation. Pour prendre en compte les différents types de véhicules, il utilise souvent l'unité de véhicule particulier (UVP) définie comme suit :

- Un véhicule léger ou une camionnette = 1UVP
- Un poids lourd de 3.5 tonnes et plus = 2.5UVP
- Un cycle = 0.3 UVP

On mesure le débit de circulation en comptant le nombre de véhicules pendant une période de temps (Q).

2. Facteurs déterminant dans l'établissement d'un plan de voirie

2.1. Les besoins de circulations

- Motif des déplacements (travail, transit....)
- Prendre en compte la plus grande demande en déplacement dans la journée

2.2. La capacité de voirie

- Caractéristiques physiques de la route
- Action de la police et des feux tricolores
- Variation du trafic

Tab 01. Capacité d'une voirie en fonction du nombre de voies

<i>Type de route</i>	<i>Capacité (UVP/h) (Q)</i>
Route 2 voies, 2 sens	2000
Route 3 voies, 2 sens	4000
Route à voies multiples	2000 en moyenne/voie

3. Facteurs affectant la capacité d'une voirie

3.1. La largeur d'une voie

Les largeurs du dégagement latéral (obstacle) (voitures, parkées, poteaux, etc...) réduisent la largeur effective d'une voie de circulation lorsqu'elles sont situées à moins de 1.8m du bord de cette voie

Tab02. $Q_{\text{idéal}}^{\text{obst}} / Q_{\text{idéal}}$ en fonction de la largeur de dégagement

<i>Largeur du dégagement latéral (2cotés)</i>	<i>Route à 2 voies de 3.6m</i>	
	<i>Largeur effective</i>	<i>Capacité % de la capacité idéale</i>
1.8	7.2	100
1.2	6.7	92
0.6	6.1	83
0	5.2	72

Tab 03. $Q_{\text{réel}}/Q_{\text{idéal}}^{\text{obst}}$ en fonction de la largeur d'une voie

<i>Largeur de la voie</i>	<i>Capacité en % de capacité d'une voie de 3.6m</i>	
	<i>Routes à 2 voies</i>	<i>Route à plus de 2 voies</i>
3.6	100	100
3.3	88	97
3.00	81	91
2.7	76	81

3.2. Effet de composantes du trafic

En terrain plat : $1PL = 2.5 VP$

En terrain vallonnée : $1PL = 5VP$

En montagne : $1PL = 10VP$

Avec PL : poids lourd

3.3. Effet de déclivité

La déclivité entraîne :

- Une réduction des distances de visibilité
- La modification de la distance de freinage

3.4. Distance minimale de sécurité (e)

$$e = 0.003V^2 + 0.2V + 8$$

$$Q = \frac{v}{e/1000} \Rightarrow Q = 1000V / (0.003V^2 + 0.2V + 8)$$

V : vitesse (Km/h)


e : distance minimale de sécurité (m)

Q : débit (max) de circulation (l'idéal)

3.5. Choix d'un tracé

Il doit :

- Assurer un service satisfaisant
- Minimiser le linéaire d'une voie (longueur optimale et longueur économique)

 **Tab 04.** Longueur optimale en fonction de la densité de logements

Densité (logts/ha)	10	15	20	30	40	50
Longueur (m/logts)	16	11	9	6	5	4

3.6. Choix d'une largeur de voie et de plate-forme

Il dépend de :

- La capacité prévisible de la voie
- La disposition des réseaux et des accotements par rapport à la voie
- La prise en compte ou non de circulation des véhicules lourds d'usage spéciaux
- La possibilité de stationnement sur la voie

En moyenne : $L_{PF} = 8m$ (minimum)

D'une façon générale, les valeurs suivantes peuvent être retenues pour voies de circulation.

Tab 05. Largeur de la voie de circulation

Type de voies		Voie public	Voie privée
Sens unique	S.S	3.5 à 4.00m	3.00 à 3.50m
	A.S	5.00 à 5.50m	4.5 à 5.00m
Double sens	S.S	5.00 à 5.50m	4.5 à 5.00m
	A.S	7.00 à 8.00m	6.00 à 7.00m

S.S : sans stationnement

A.S : avec stationnement

3.7. Profil en travers d'une chaussée

Le *profil en travers* d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de *profils en travers*. On établit un *profil en travers* contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.

Le *profil en travers* doit être constitué par les éléments suivants:

1. La chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussées séparées par un terre-plein central.

2. La plate-forme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les chaussées et les accotements, éventuellement les terres pleins et les bandes d'arrêt.

3. L'assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds du talus en remblai et crête du talus en déblai.

4. L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc.....),

5. Les accotements :

Les accotements sont des zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Les accotements comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage
- Une bande d'arrêt
- Une berme extérieure

6. Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur-largeurs de chaussée (bande de guidage)
- Une partie centrale engazonnée

7. Le fossé :

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissèlement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.



3.8. La distance de visibilité

$$D_v = 2*d \quad \text{et} \quad d = 0.01V^2 + 0.2 V$$

D_v : distance de visibilité (m)

d : distance de freinage (m)

V : vitesse (Km/h)

4. Conception et réalisation

4.1. Le tracé routier

Le tracé définit la route dans l'espace. On distingue :

1. Le tracé en plan : c'est la projection sur un plan horizontal
2. Le tracé en profil en long : c'est la projection sur un plan vertical qui passe par l'axe de la route
3. Le tracé en profil en travers : c'est une coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la route.

Le tracé en plan d'un réseau de voirie est la projection verticale de l'espace occupé par ce réseau sur un plan horizontal. Ce tracé est composé d'un ensemble d'alignements droits qui se croisent en certains points d'intersection appelés sommets qui donnent lieu, dans la voirie, aux virages et carrefours. Un traitement spécial de ces lieux est à envisager car ces endroits peuvent porter préjudice au confort et surtout à la sécurité des usagers. Il s'agit pour ce tracé de représenter sur le plan l'emplacement de l'axe de la route pour tout le réseau.

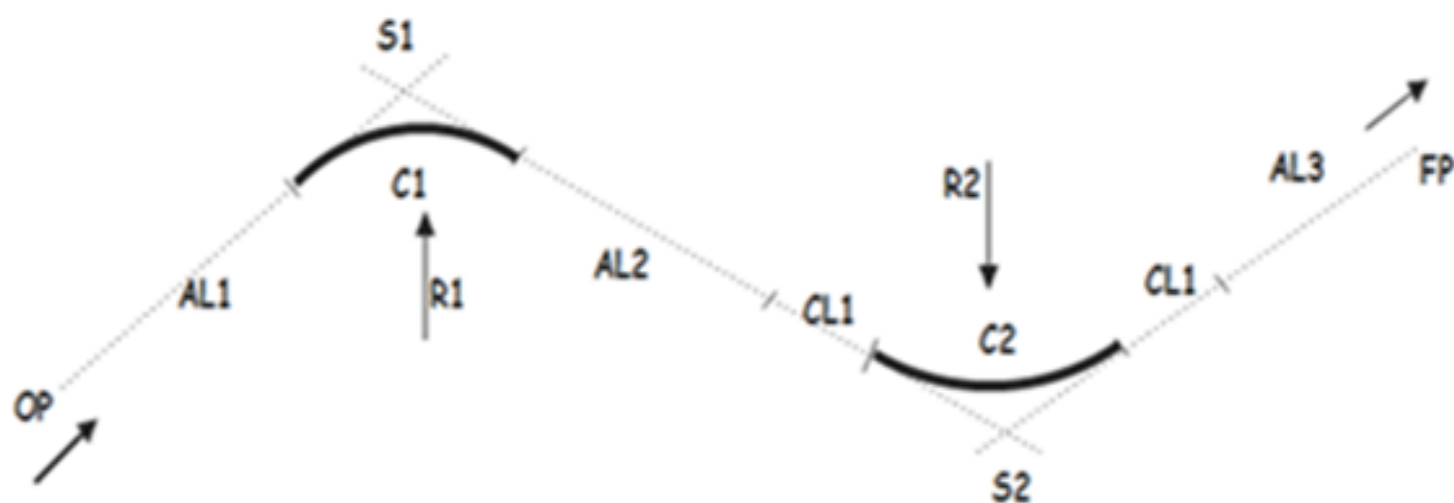
Le tracé est généralement obtenu par la combinaison d'alignements droits et de courbes généralement circulaires. Le point du début du projet s'appelle l'origine de mesurage (0+0.000).

Une relation numérique continue est établie pour les autres points de l'axe en moyen d'un chainage.

La représentation des axes rectilignes de la voirie s'appelle polygonale (cheminement)

Le tracé en plan est composé de :

- Alignements droits
- Arcs de cercles
- Courbe à courbure progressive (clothoïde)



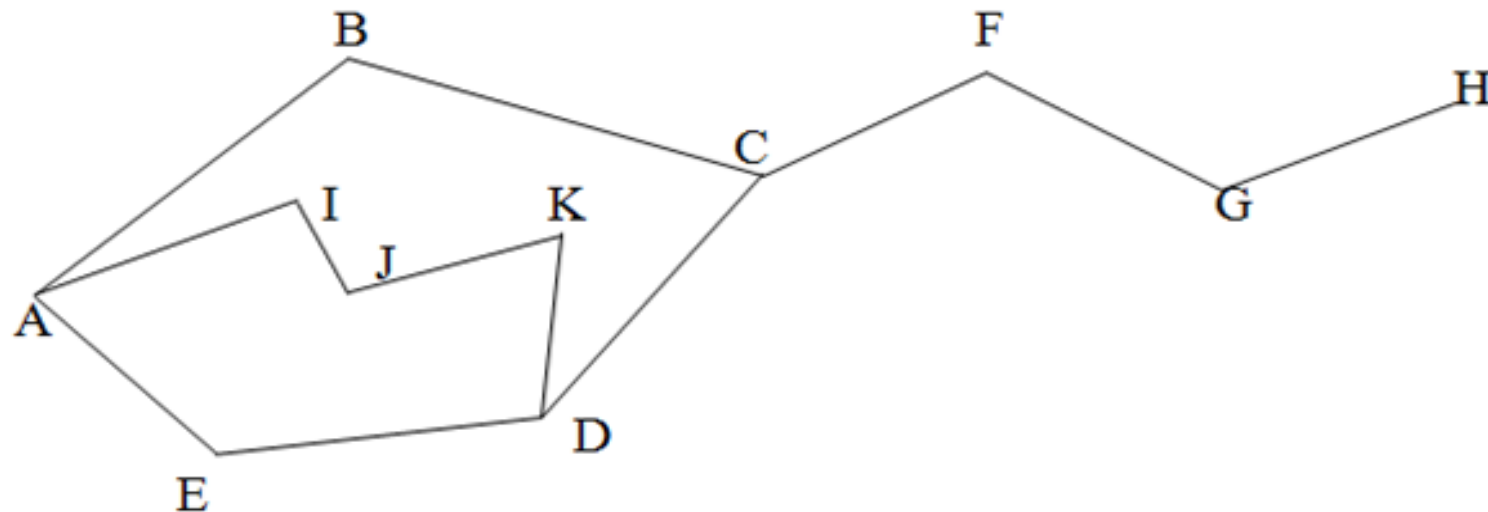
Eléments du tracé en plan (OP : origine du projet, AL : alignement, CL : clothoïde, C : courbe, S : sommet, R : rayon, FP : fin du projet)

La longueur totale du projet L_T peut se calculer par :

$$L_T = Al_1 + C_1 + Al_2 + CL_1 + C_2 + CL_1 + AL_3$$

4.2. Rappels topographiques

4.2.1. Différents types de polygonales



1. Polygonale fermée (ABCDEA) : lorsque la fin du cheminement se termine sur le point de départ. Dans ce cas on peut vérifier la mesure des angles intérieurs par :
 $\sum \text{angles intérieurs} = (n-2)180^\circ$ (n : nombre de sommets (ou de cotés) de la polygonale).
 $\sum \Delta x_i = 0$ et $\sum \Delta y_i = 0$
2. Polygonale ouverte (CFGH) : elle ne se termine pas sur le point de départ ou sur un point connu, elle n'offre aucun moyen de vérification sauf si le point final est connu.

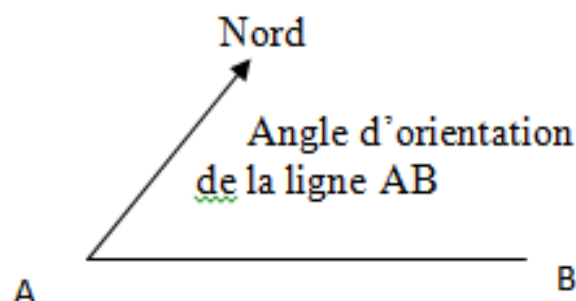
3. Polygonale rattachée (AIJKD) : elle relie deux points connus et elle ne permet pas de vérifier la somme des angles.

4.2.2. Calcul des cheminements polygonaux – polygonation

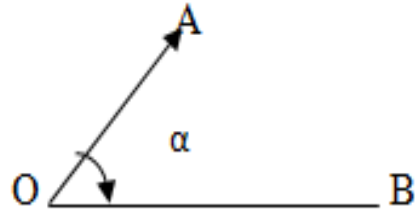
On appelle cheminement polygonale une ligne brisée joignant deux points A et B (origine et final) et dont on conçoit les coordonnées rectangulaires.

- **Orientation d'une ligne** : elle est donnée par l'angle horizontal qu'elle fait avec une ligne de référence appelée "méridien".

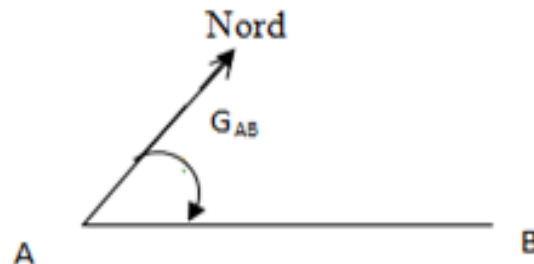
Le nord topographique est souvent pris comme ligne de référence.



- **Mesure d'un angle** : pour mesurer un angle, il y'a trois éléments de base à considérer :
 - Une droite OA
 - Le sens de rotation
 - La valeur angulaire α

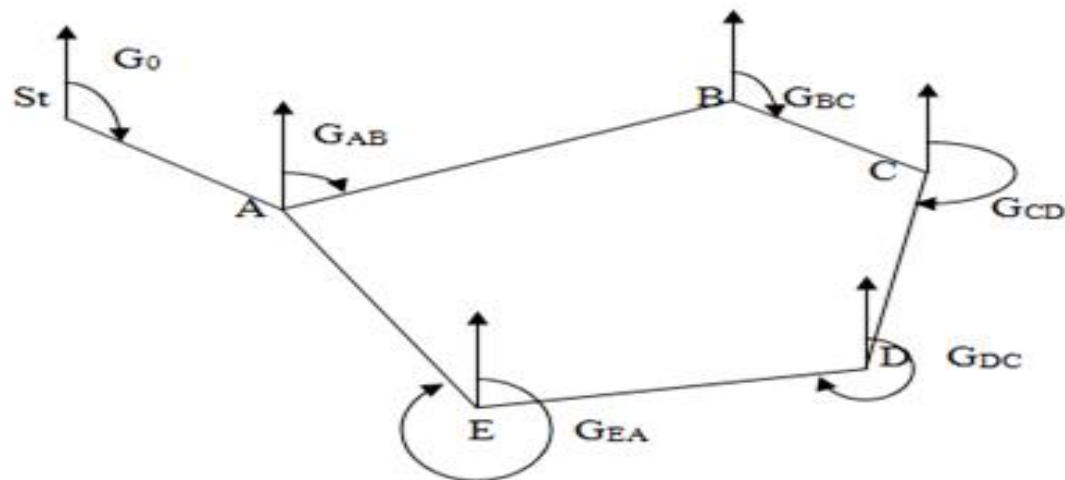


- **Types d'angles** : un angle peut être donné en valeur absolue ou caractérisé suivant sa situation : angle intérieur (α_i) ou angle extérieur (α_e)
Angle à droite (α_d) dans le sens des aiguilles d'une montre ou angle à gauche (α_g) dans le sens contraire des aiguilles d'une montre
- **Gisement** : le gisement G d'une ligne ou direction AB (G_{AB}) est l'orientation de cette ligne par rapport à un méridien (généralement c'est le nord géographique)



4.2.3. Calcul des gisements :

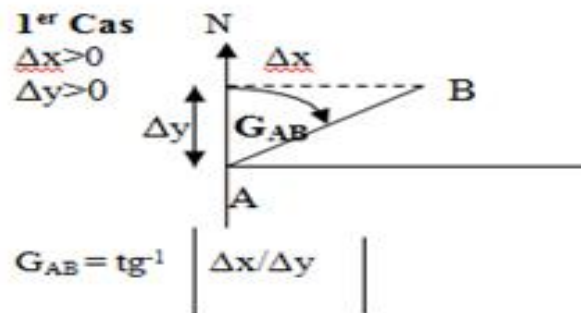
Le calcul se fait à partir de la valeur du gisement initial (point d'origine)



04 cas peuvent se présenter :

1^{er} Cas

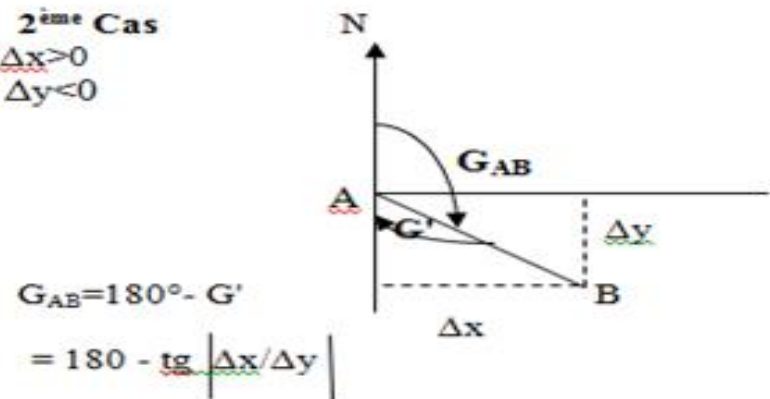
$$\Delta x > 0 \\ \Delta y > 0$$



$$G_{AB} = \text{tg}^{-1} \left| \Delta x / \Delta y \right|$$

2^{ème} Cas

$$\Delta x > 0 \\ \Delta y < 0$$

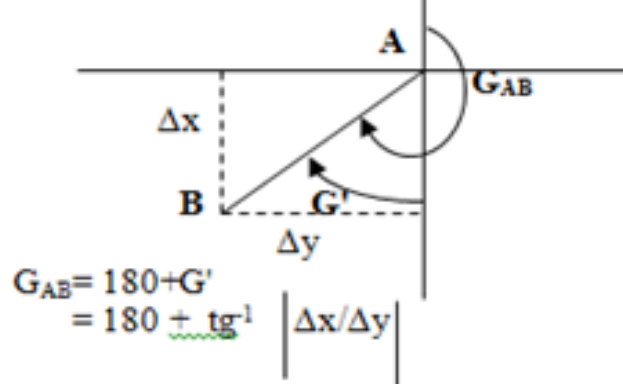


$$G_{AB} = 180^\circ - G' \\ = 180 - \text{tg} \left| \Delta x / \Delta y \right|$$

3^{ème} Cas

$$\Delta x < 0$$

$$\Delta y < 0$$



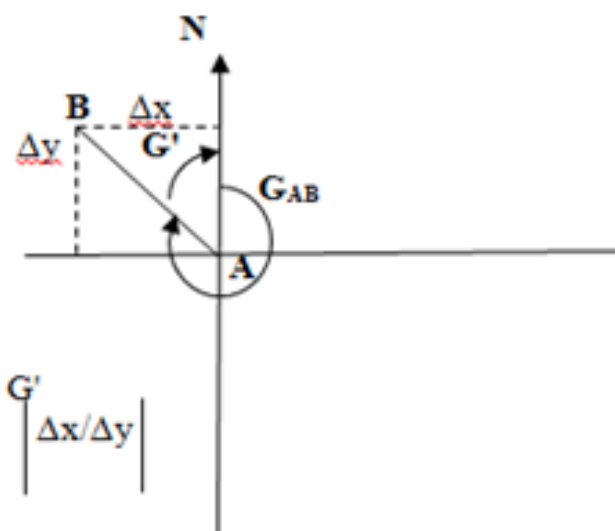
4^{ème} Cas

$$\Delta x < 0$$

$$\Delta y > 0$$

$$G_{AB} = 360 - G'$$

$$= 360 - \text{tg}^{-1} \left| \frac{\Delta x}{\Delta y} \right|$$



La valeur de G est calculée en fonction des lignes Δx et Δy avec les lois suivantes :

$$\Delta X_{AB} = X_B - X_A = L_{AB} \sin G_{AB}$$

$$\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = L_{AB} \cos G_{AB}$$

Remarque:

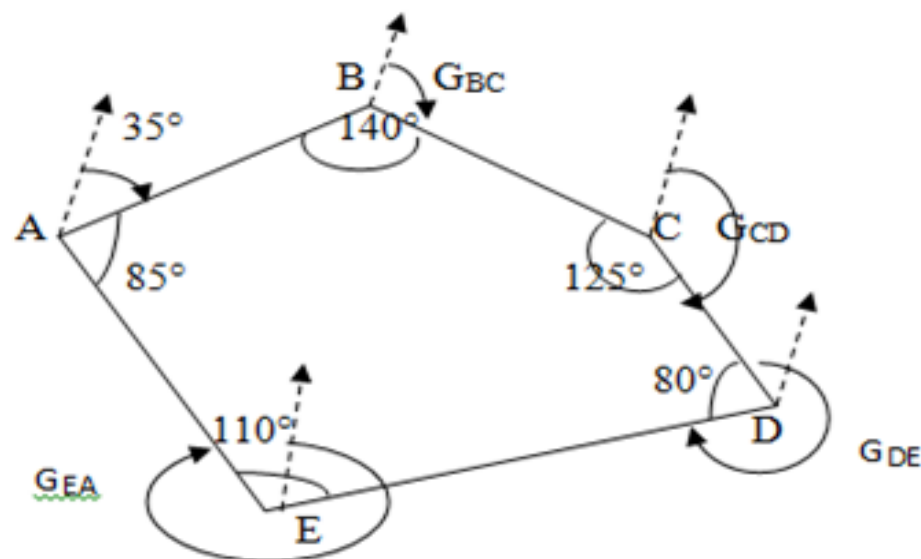
Angle de déflexion vers la droite \Rightarrow angle > 0

Angle de déflexion vers la gauche \Rightarrow angle < 0

Exemple 1

$$\text{Gisement} = \text{Gisement précédent} + (180^\circ - \alpha_i) \quad (\alpha_i : \text{angle intérieur})$$

Calculer les gisements de tous les côtés de la polygonale avec $G_{AB} = 35^\circ$



$$G_{AB} = 35^\circ$$

$$G_{BC} = 35^\circ + (180^\circ - 140^\circ) = 75^\circ$$

$$G_{CD} = 75^\circ + (180^\circ - 125^\circ) = 130^\circ$$

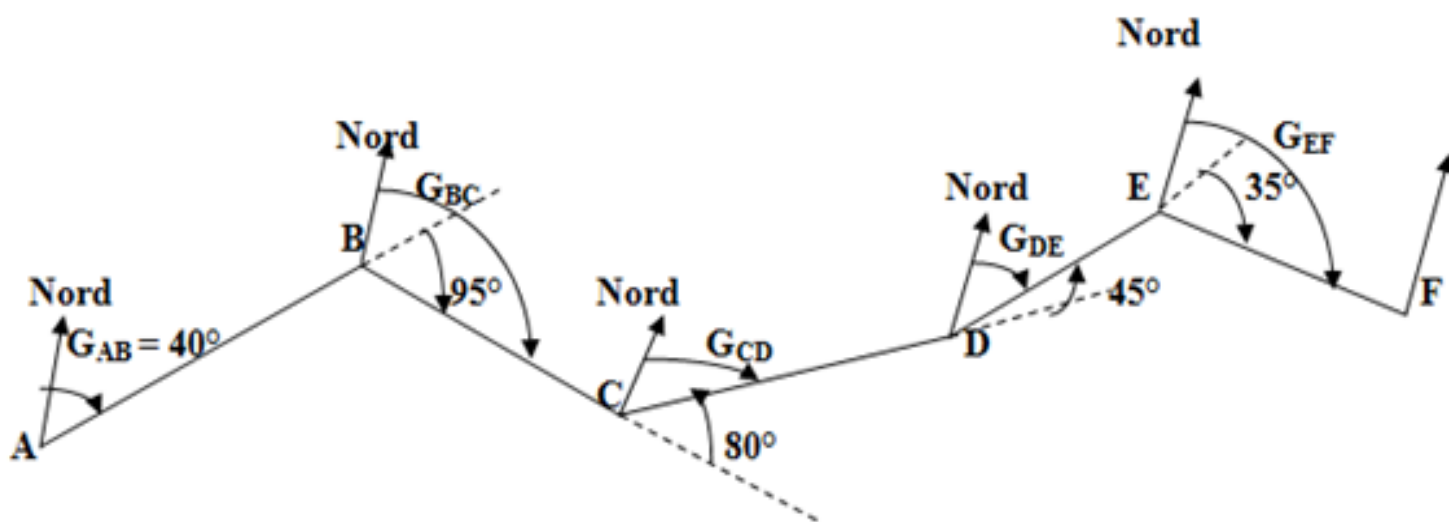
$$G_{DE} = 130^\circ + (180^\circ - 80^\circ) = 230^\circ$$

$$G_{EA} = 230^\circ + (180^\circ - 110^\circ) = 300^\circ$$

Exemple 2

Gisement = gisement précédent + angle de déflexion

Angle de déflexion (α_d) est mesuré à partir du prolongement du côté considéré jusqu'au côté suivant. (exp : $G_{BC} = G_{AB} + \text{déf} (AB, BC) = 40 + 95 = 135^\circ$)



$$G_{AB} = 40^\circ$$

$$G_{BC} = G_{AB} + \text{déf} (AB, BC) = 40 + 95 = 135^\circ$$

$$G_{CD} = G_{BC} + \text{déf} (BC, CD) = 135 - 80 = 55^\circ$$

$$G_{DE} = G_{CD} + \text{déf} (CD, DE) = 55 + 45 = 10^\circ$$

$$G_{EA} = G_{DE} + \text{déf} (DE, EA) = 10 + 30 = 40^\circ$$

4.1.4. Vérification de la fermeture d'une polygonale

On obtient l'erreur de la fermeture en comparant les coordonnées calculées au point d'arrivée à la valeur initiale connue au point de départ du polygonale fermée.

Erreur relative $Err^{rel} = \text{Erreur absolue } Err^{abs} / \sum a_i$ (a_i : angles intérieurs)

Avec $Err^{abs} = \sum a_i - (n-2)180$

Si

1. $Err^{relatif} \leq \alpha \sqrt{n}$ L'erreur est acceptable ; on fait la compensation
2. $Err^{relatif} > \alpha \sqrt{n}$ L'erreur est inacceptable \Rightarrow refaire les mesures

α : degré de précision de l'appareil

n : nombre de sommets de la polygonale

➤ *La compensation par la méthode de la répartition par parallèles proportionnelles*

Les étapes à suivre sont les suivantes :

1. Calculer les différents gisements de la polygonale
2. Vérifier la fermeture
3. Calculer Δx_i et Δy_i de la polygonale
4. Calculer $\sum \Delta x_i$ et $\sum \Delta y_i$
5. Compenser les Δx_i et Δy_i par :

$$\Delta x_i^{corr} = \Delta x_i - L_i \sum \Delta x_i / \sum L_i$$

$$\Delta y_i^{corr} = \Delta y_i - L_i \sum \Delta y_i / \sum L_i$$

6. On vérifie : $(\sum \Delta x_i)_{corr} \approx 0$

$$(\sum \Delta y_i)_{corr} \approx 0$$

7. Calculer les L_i corrigées par : $(L_i)_{corr} = \sqrt{(\Delta x_i^{corr})^2 + (\Delta y_i^{corr})^2}$
8. Corriger les gisements (selon l'un des 04 cas donnés précédemment)

4.2. Calcul des raccordements

En général pour les voies urbaines et routes secondaires, les raccordements des alignements droits sont définis par des courbes circulaires de rayon minimum.

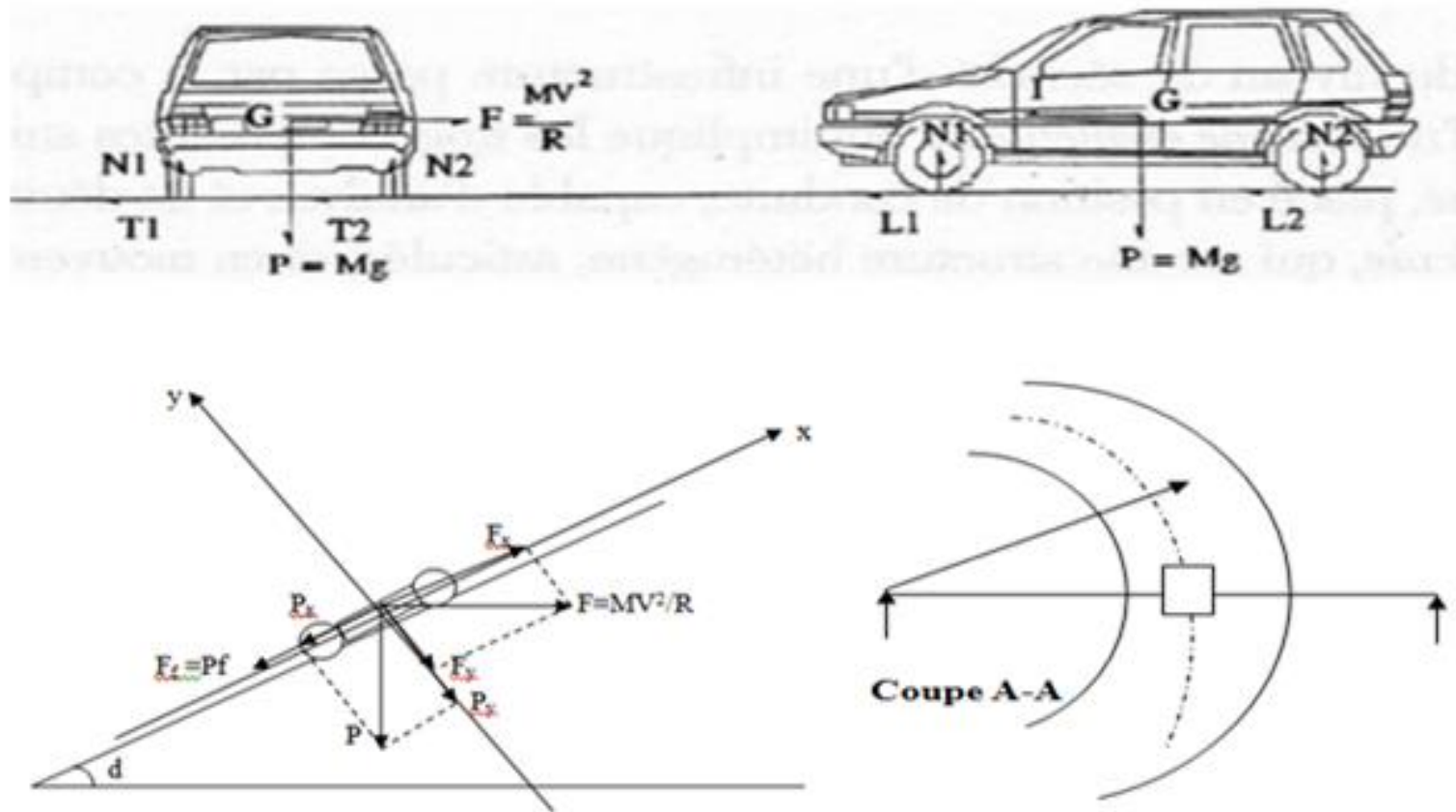
Lorsque un automobiliste est sur le point d'effectuer un changement de direction que ce soit en planimétrie ou en altimétrie le confort, et surtout la sécurité est remise en cause si des dispositions appropriées ne sont pas prises en considération.

Le raccordement est la courbure offerte à un tronçon de voirie interposé entre 2 alignements. Cette courbure doit justifier certains critères de sécurité et du confort.



4.2.1. Choix d'un rayon de courbure

Le rayon de la courbure et le dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence V_r de ne pas déraiper.



d : dévers

N : réaction des roues

F_f : force de friction (frottement) ou résistance au glissement latéral

F_r : force de résistance au renversement

L'équation d'équilibre sera donnée par la relation suivante : $\sum F/x = 0$

$F_f + P \sin d = (MV^2/R) \cos d$ (1) (Condition de non dérapage avec dévers)

$\sum T_i = F_f = P * f$ (f : coef de frottement en fonction de la vitesse du véhicule correspondant à un pneu médiocre sur chaussée mouillée $f_x = 0,12$ à $0,18$.)

Vitesse (Km/h)	40	50	60
f	0.17	0.16	0.15

(1) $\Rightarrow P f + P \sin d = (MV^2/R) \cos d$ (2)

Or d est faible (2 à 2.5%) alors : $\sin d \approx d$ et $\cos d \approx 1$, $M = P/g$

(2) $\Rightarrow P f + P d = PV^2/gR \Rightarrow f + d = V^2/gR \Rightarrow R_{\min} = V^2 / g(f + d)$

$f + d \leq V^2/gR \Rightarrow R \geq V^2 / g(f + d)$

Enfin le rayon de courbure R doit être supérieur ou égale $V^2 / g (f + d)$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \Rightarrow R \geq V^2 / 127(f + d)$ (après conversion des unités)

V : vitesse de base en (Km/h)

R : rayon de courbure en (m)

g : accélération de la pesanteur (m/s^2)

d : dévers (%)

f : coef de friction en fonction de la vitesse du véhicule

4.2.2. Calcul des courbes circulaires

Calcul des composantes du schéma

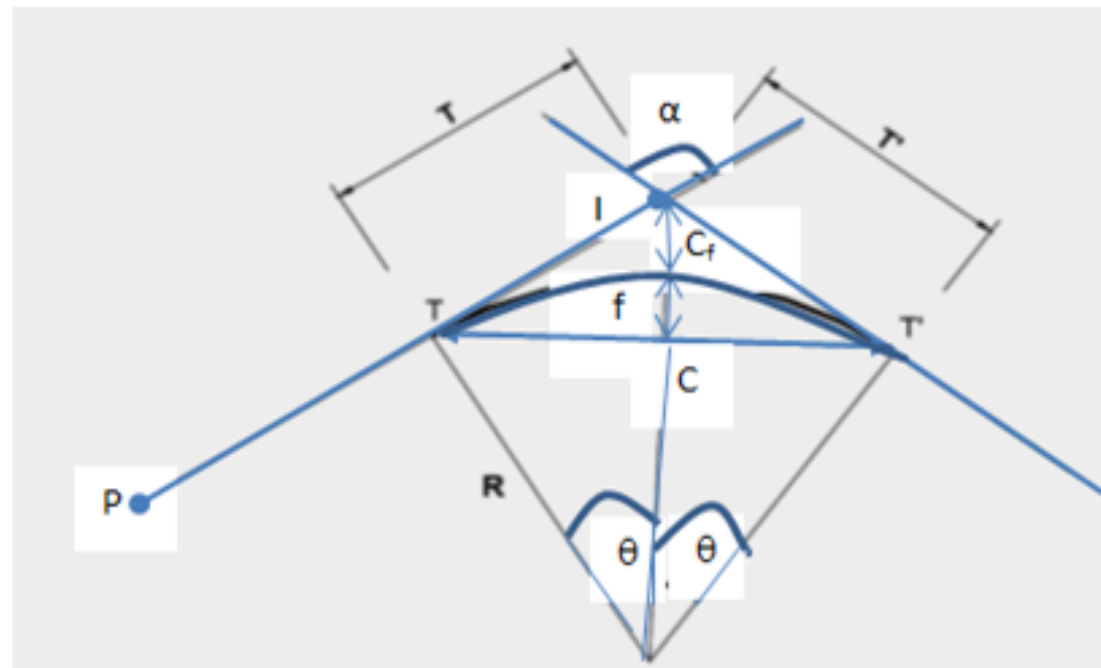
$$\alpha/2 + \theta + 90^\circ = 180^\circ \Rightarrow \theta = 90^\circ - \alpha/2$$

$$\operatorname{tg} \theta = T/R \Rightarrow T = R \operatorname{tg} \theta$$

On a aussi :

$$f = R - R \cos \theta \Rightarrow f = R (1 - \cos \theta)$$

$$\cos \theta = R/R + C_f \Rightarrow C_f = (R / \cos \theta) - R = R [(1 / \cos \theta) - 1]$$



$$C_f = \sqrt{R^2 + T^2} - R$$

$$\text{Enfin : } \sin \theta = (C/2)/R \Rightarrow C = 2R \sin \theta$$

$$L = \overset{\frown}{TT'} = 2\theta^{\text{rd}} R = R \cdot \theta^{\circ} \cdot \pi / 90^{\circ}$$

Pour les chainages

$$\text{Ch } T = \text{Ch } PI - T$$

$$\text{Ch } T' = \text{Ch } T + L$$

4.2.3. Raccordement progressive (Clothoïde)

C'est une introduction progressive du rayon ou du dévers. Donc le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R=\infty$ jusqu'à $R=\text{constant}$), pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule.
- Le confort des passagers.
- La transition de la chaussée
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Il existe plusieurs courbes de raccordement pour assurer ce confort ; mais la clothoïde est la plus utilisée dans les projets de route.

Le dévers est introduit à 2% par seconde du temps de parcours à la vitesse de roulement.

Nous avons :

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ seconde} & \longrightarrow & 2\% \\ t \text{ (seconde)} & \longrightarrow & (d+2.5) \% \\ & \Rightarrow & t = (d+2.5)/2 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Or : } L &= V * t \Rightarrow L = [V * (d+2.5)/2] * (10^3/3600) \\ &\Rightarrow L = V/7.2 (d+2.5) \end{aligned}$$

V : Km/h

L : m

d: %