

Chapitre II : Géométrie et Implantation d'une route

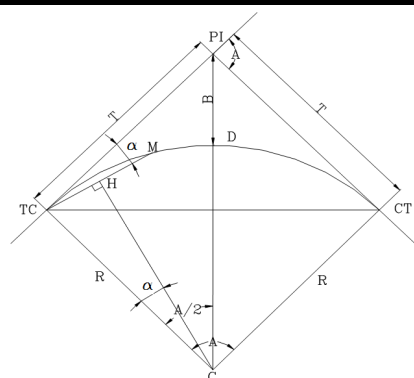
1- Éléments d'un tracé routier

- La géométrie d'un tracé routier est définie par :
 - ❖ Un tracé en plan : constitué d'alignements droits et de courbes circulaires et de courbes progressives.
 - ❖ D'un profil en long : constitué d'alignements droits et de courbes verticales.
 - ❖ D'un profil en travers type définissant la largeur de la route et la structure de la chaussée.

2- Géométrie de l'axe en plan

- L'axe en plan d'une route est constitué d'une succession :
 - ❖ d'alignements droits ;
 - ❖ de raccordements circulaires (arcs de cercles) ;
 - ❖ de raccordements progressifs (arcs de clothoïdes).

Raccordement circulaire



Calcul des éléments de la courbe circulaire

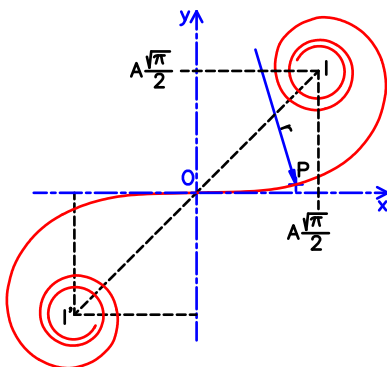
En fonction de R et A

- Distance tangente : $T = R \operatorname{tg}(A/2)$;
- Bissectrice : $B = R (1/\operatorname{Cos}(A/2) - 1)$;
- Longueur d'arc de raccordement : $D = R \cdot A_{\text{rad}}$;
- Corde TC,CT : $C = 2 R \operatorname{Sin}(A/2)$.
- Corde quelconque : $CM = 2 R \operatorname{Sin}(a)$ avec a l'angle de déviation entre la tangente et la corde.

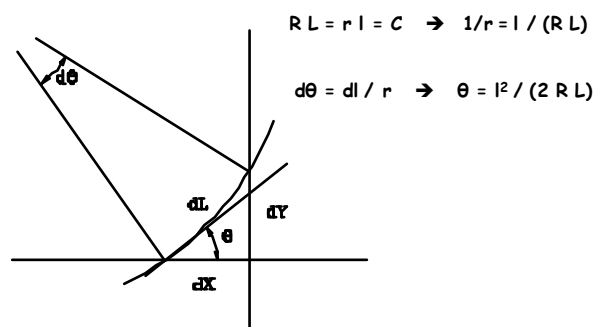
Raccordement progressif

- ❖ La clothoïde est une courbe dont le rayon de courbure décroît de l'infini à zéro proportionnellement au développement.
- ❖ $l = c K = c / r \rightarrow c = r l = R L = \text{constante}$
 - K : courbure ;
 - l : développement de la clothoïde ;
 - r : rayon de courbure ;
 - L : longueur totale de la portion de clothoïde utilisée ;
 - R : rayon de l'arc de cercle utilisé ;
- ❖ Une clothoïde est définie par son paramètre a tel que $a^2 = R L$.

Courbe de la clothoïde



Équation de la clothoïde



Coordonnées rectangulaires des points de la clothoïde

$$\begin{cases} dX = \cos\theta \, dl \\ dY = \sin\theta \, dl \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X = \int \cos\theta \, dl \\ Y = \int \sin\theta \, dl \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X = \int \cos[l^2 / (2RL)] \, dl \\ Y = \int \sin[l^2 / (2RL)] \, dl \end{cases}$$

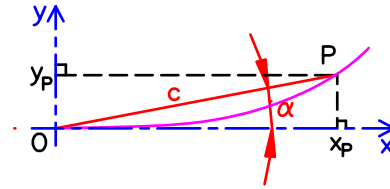
On utilise le développement limité des fonctions Sin et Cos pour déduire l'expression des coordonnées rectangulaires des points de la clothoïde.

et

$$\begin{aligned} \sin U &= U - U^3/3! + U^5/5! - U^7/7! + \dots \\ \cos U &= 1 - U^2/2! + U^4/4! - U^6/6! + \dots \end{aligned}$$

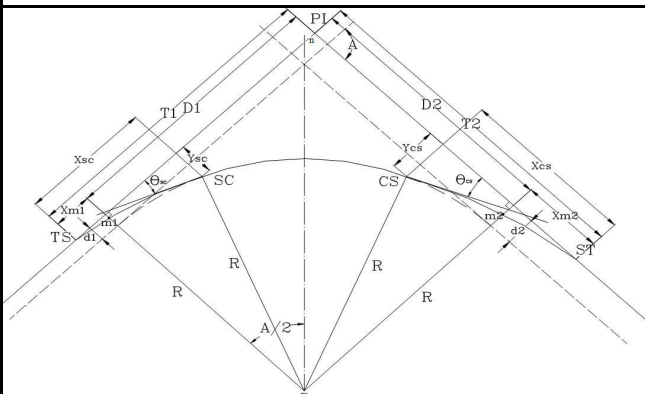
Le développement doit être réalisé jusqu'au terme qui assure une précision de l'ordre du centimètre pour X et Y.

Coordonnées polaires



- Corde particulière : $C_p = \text{SQR}(X^2 + Y^2)$
- Angle de déviation : $\alpha = \text{Arctan}(Y/X)$.

Raccordement progressif dissymétrique



Calcul de la tangente

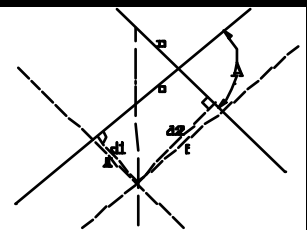
$$\begin{aligned} T1 &= X_{m1} + D1 \\ T2 &= X_{m2} + D2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} sc &= L1/(2R) & \text{avec } L1 &= a1^2/R \\ cs &= L2/(2R) & \text{avec } L2 &= a2^2/R \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{m1} &= X_{sc} \cdot R \sin sc \\ X_{m2} &= X_{cs} \cdot R \sin cs \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D1 &= (R + d1) \tan(A/2) + n \\ D2 &= (R + d2) \tan(A/2) + n \quad \text{avec } n = (d2 - d1) \sin A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d1 &= Y_{sc} \cdot (R \cdot R \cos sc) \\ d2 &= Y_{cs} \cdot (R \cdot R \cos cs) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \sin A &= d2/f = d1/g = (d2 \cdot d1) / (f \cdot g) \\ \Rightarrow \sin A &= (d2 \cdot d1) / n \\ \Rightarrow n &= (d2 \cdot d1) / \sin A \end{aligned}$$

Formules des tangentes

- Première tangente :

$$T1 = X_{SC} - R \sin\theta_{SC} + (Y_{SC} + R \cos\theta_{SC}) \tan(A/2) + n$$

- Deuxième tangente :

$$T2 = X_{CS} - R \sin\theta_{CS} + (Y_{CS} + R \cos\theta_{CS}) \tan(A/2) + n$$

$$\text{Avec } n = [(Y_{CS} - Y_{SC}) + R (\cos\theta_{CS} - \cos\theta_{SC})] / \sin A$$

Exercice 1

Données :

Alignement droit de longueur $T=500$ m à raccorder avec un arc de cercle de développement $D=126$ m et de rayon $R=250$ m en utilisant un arc de clothoïde de paramètre $a=120$.

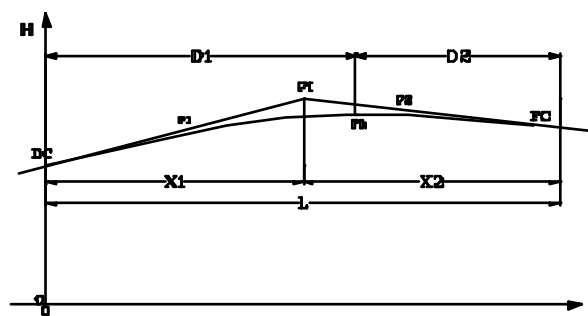
Calcul :

- 1- Quelle est la longueur de l'arc de clothoïde utilisé ?
- 2- Calculer les coordonnées des points de tangence.
- 3- Pour chaque 40 m de ce tracé :
 - Calculer les coordonnées rectangulaires à partir du point de tangence entre l'alignement droit et l'arc de clothoïde.

2- Géométrie du profil en long

- ❖ La conception d'un profil en long est réalisée en utilisant des plans cotés ou des cartes à grande échelle.
- ❖ Le profil en long est constitué d'alignements, raccordés par des courbes qui assurent un changement uniforme de la déclivité pour passer du premier au deuxième alignement.
- ❖ La courbe qui satisfait cette condition est une parabole de second degré.
- ❖ La déclivité d est donnée généralement en %.
 - ❖ Si d est négative → une pente ;
 - ❖ Si d est positive → une rampe ;
 - ❖ Si d est nulle → un palier.

Équation de la parabole

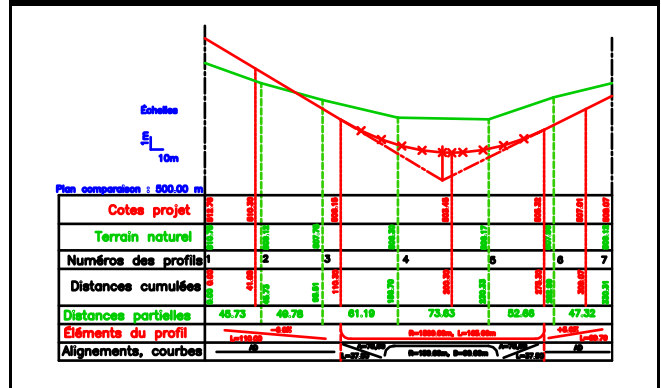


L'équation générale de la parabole est : $H = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) L X^2 + P_1 X + H_{DC}$

Éléments de la parabole

- Le taux de changement de la pente d'une parabole (Courbure):
 $T_{CP} = K = d^2H / d^2X = (P_2 - P_1) / L$
- Rayon de courbure R :
 $R = 1 / K = L / (P_2 - P_1)$
- Distance horizontale à la tangente :
 $X_1 = X_2 = L / 2$
- Distance horizontale du point de tangence au point haut P_h de la courbe :
 $D_1 = (P_1 L) / (P_1 - P_2) = - P_1 R$
- Bissectrice :
 $B = H_{PI} - H(X_1) \rightarrow B = 1/8 (L^2 / R)$

Exemple de Profil en long



Exercice 2

Dans un projet routier, on veut raccorder deux alignements d'un profil longitudinal par une courbe verticale parabolique.

Données:

- Rayon de courbure de la parabole = - 6000 m.
- Altitude du point sommet = 150,000 m.
- Première déclivité = +2 %.
- Deuxième déclivité = -1,5 %.

Calculs:

1. Calculer la distance suivant l'horizontale de l'arc de la courbe.
2. Calculer les altitudes des points caractéristiques de la courbe (début courbe, fin courbe et point haut)
3. Calculer les altitudes de la courbe à chaque 20 m.

Exercice 3

Dans un projet routier, on veut raccorder deux alignements d'un profil longitudinal par une courbe verticale parabolique.

Données:

- Distance horizontale à la tangente $L = 77,000$ m.
- Altitude du point DC : $H_{DC} = 108,334$ m.
- Première déclivité = -2,56 %.
- Deuxième déclivité = -1,02 %.

Calculs:

1. Calculer le rayon de courbure de la parabole.
2. Calculer les altitudes des points caractéristiques de la courbe.
3. Calculer les altitudes de la courbe à chaque 20 m.

3- Profil en travers

Il faut distinguer entre :

- ❖ Le profil en travers du terrain naturel.
- ❖ Le profil en travers type.
- ❖ La superposition des deux profils précédents.

Profil en travers type

Une route comporte en général :

- ❖ Une ou deux chaussées séparées par un T.P.C.
- ❖ Des accotements de part et d'autre de la chaussée.
- ❖ Un ou deux fossés latéraux.
- ❖ Des talus (déblai, remblai).
- ❖ Les terrains acquis de part et d'autre des crêtes ou pieds de talus et non aménagés.