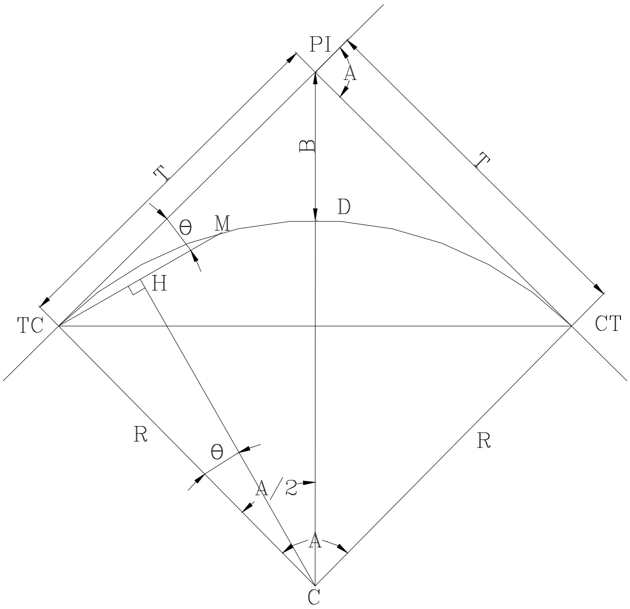
I.3. Éléments d'un tracé routier

1- 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 : $T = R\ tg(A/2)$;**
- **Bissectrice : $B = R\ (\ 1/Cos(A/2) - 1\ )$;**
- **Longueur d'arc de raccordement : $D = R.A_{rad}$;**
- **Corde TC,CT : $C = 2\ R\ Sin(A/2)$.**
- **Corde quelconque : $CM = 2\ R\ Sin(\theta)$ avec θ 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.**

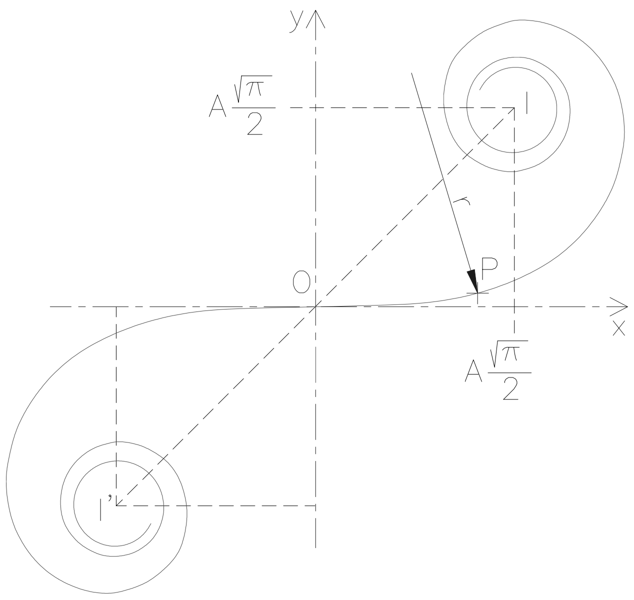
❖ **$l = c\,K = c / r$ ➔ $c = r\,l = R\,L$ = constante**

- 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 ;

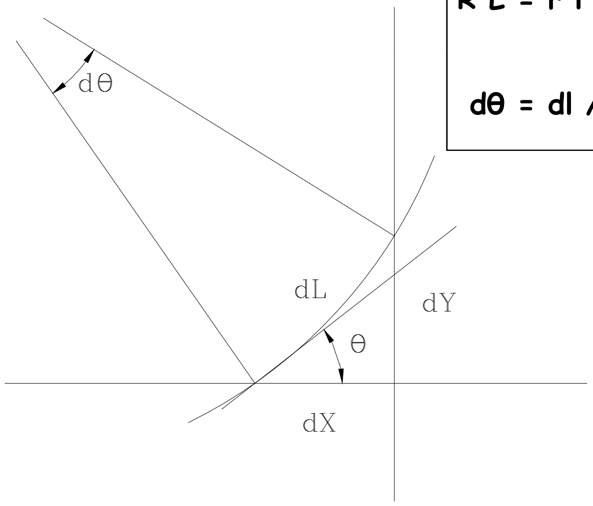
❖ **Une clothoïde est définie par son paramètre a tel que**

$$a^2 = R\,L.$$

Courbe de la clothoïde



Équation de la clothoïde



$R\ L = r\ l = C \Rightarrow 1/r = l / (R\ L)$

$d\theta = dl / r \Rightarrow \theta = l^2 / (2\ R\ L)$

Coordonnées rectangulaires des points de la clothoïde

$$\begin{cases} dx = \cos\theta\ dl \\ dy = \sin\theta\ dl \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = \int \cos\theta\ dl \\ y = \int \sin\theta\ dl \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = \int \cos[\ l^2 / (2\ R\ L)]\ dl \\ y = \int \sin[\ l^2 / (2\ R\ L)]\ dl \end{cases}$$

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

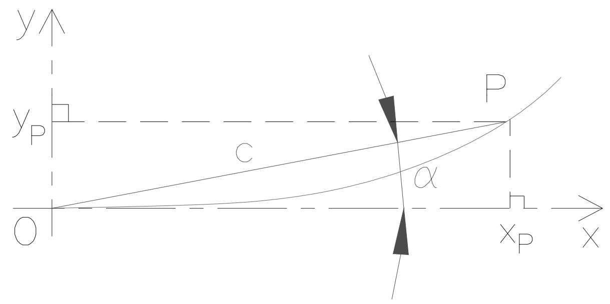
$$\sin U = U - U^3/3! + U^5/5! - U^7/7! + \ldots$$

et

$$\cos U = 1 - U^2/2! + U^4/4! - U^6/6! + \ldots$$

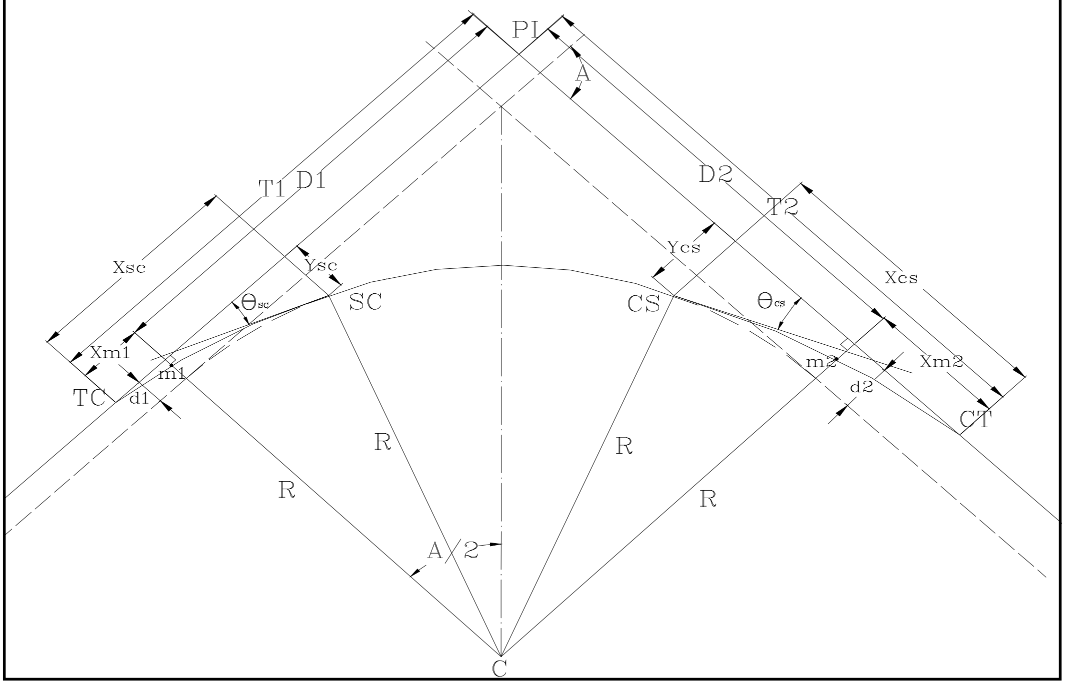
Le développement doit être réalisé jusqu'au terme qui assure une précision de l'ordre du centimètre pour x et y.

Coordonnées polaires



- Corde particulière : C_p = SQR ($x^2 + y^2$)
- Angle de déviation : α = Arctan(y/x).

Raccordement progressif dissymétrique



Calcul de la tangente

$T1 = X_{m1} + D_1$.

$T2 = X_{m2} + D_2$.

$\theta_{SC} = L_1/(2\ R)$ avec $L_1 = a_1^2/R$.

$\theta_{CS} = L_2/(2\ R)$ avec $L_2 = a_2^2/R$.

$X_{m1} = x_{SC} - R\ \mathrm{Sin}\theta_{SC}$.

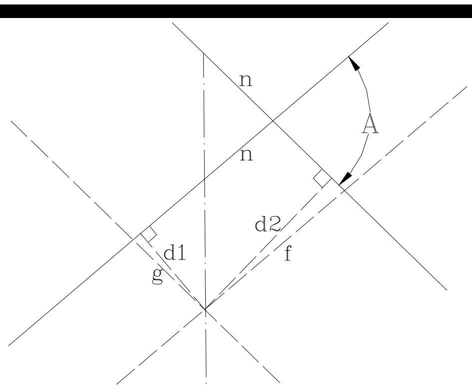
$X_{m2} = x_{CS} - R\ \mathrm{Sin}\theta_{CS}$.

$D_1 = (R + d1)\ \tan(A/2) + n$

$D_2 = (R + d2)\ \tan(A/2) + n$ avec $n = (d2 - d1)/\mathrm{SinA}$

$d1 = y_{SC} - (R - R\ \mathrm{Cos}\theta_{SC})$

$d2 = y_{CS} - (R - R\ \mathrm{Cos}\theta_{CS})$



SinA = d2/f = d1/g = (d2 – d1)/(f – g)

➔ SinA = (d2 – d1)/n

➔ n = (d2 – d1)/SinA

Formules des tangentes

- Première tangente :

  $T1 = x_{SC} - R\ \mathrm{Sin}\theta_{SC} + (y_{SC} + R\ \mathrm{Cos}\theta_{SC})\ \tan(A/2) + n$

- Deuxième tangente :

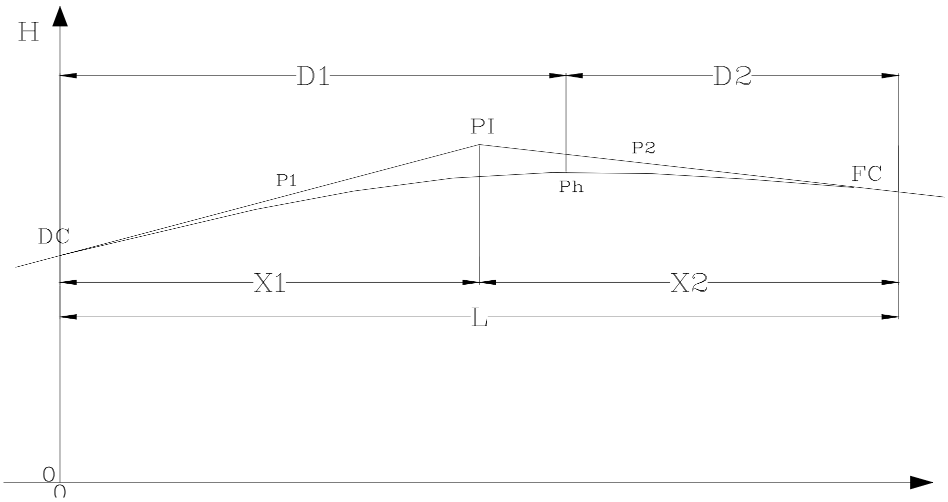
  $T2 = x_{CS} - R\ \mathrm{Sin}\theta_{CS} + (y_{CS} + R\ \mathrm{Cos}\theta_{CS})\ \tan(A/2) + n$

Avec $n = [\ (y_{CS} - y_{SC}\ ) + R\ (\mathrm{Cos}\theta_{CS} - \mathrm{Cos}\theta_{SC})\ ]\ /\ \mathrm{SinA}$

2- 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 :

  $X1 = X2 = L / 2$

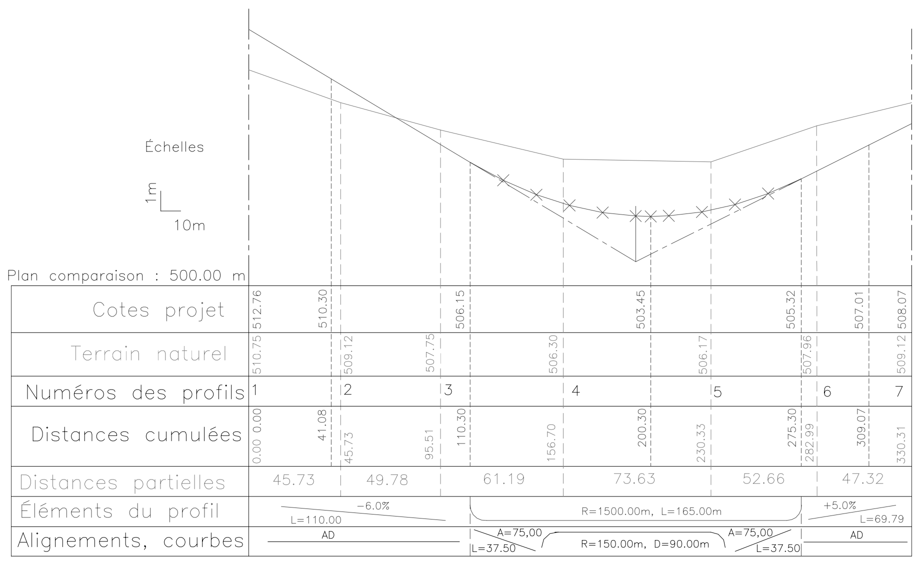
- Distance horizontale du point de tangence au point haut P_h de la courbe :

  $D_1 = (P_1 L) / (P_1 - P_2) = - P_1 R$

- Bissectrice :

  $B = H_{PI} - H(X1)$ ➔ $B = 1/8 (L^2 / R)$

Exemple de Profil en long



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.

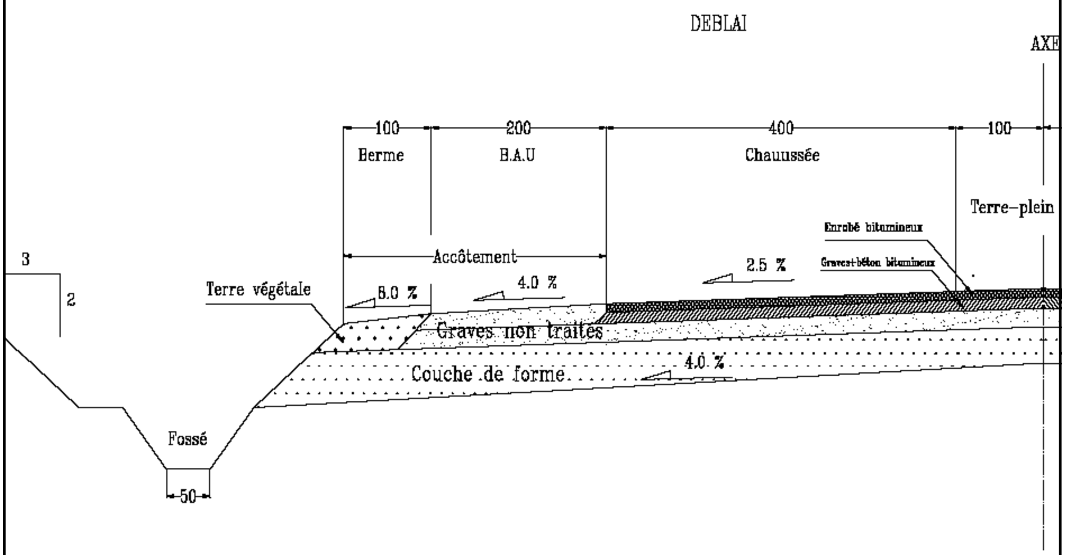
❖ Des accotements de part et d'autre de la chaussée.

❖ Un ou deux fossés latéraux.

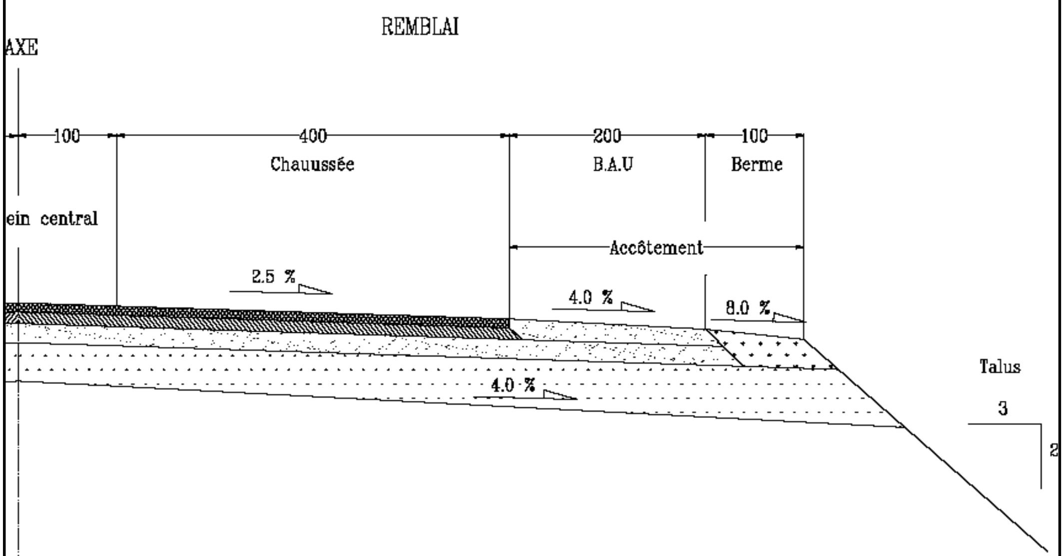
❖ Des talus (déblai, remblai).

❖ Les terrains acquis de part et d'autre des crêtes ou pieds de talus et non aménagés.

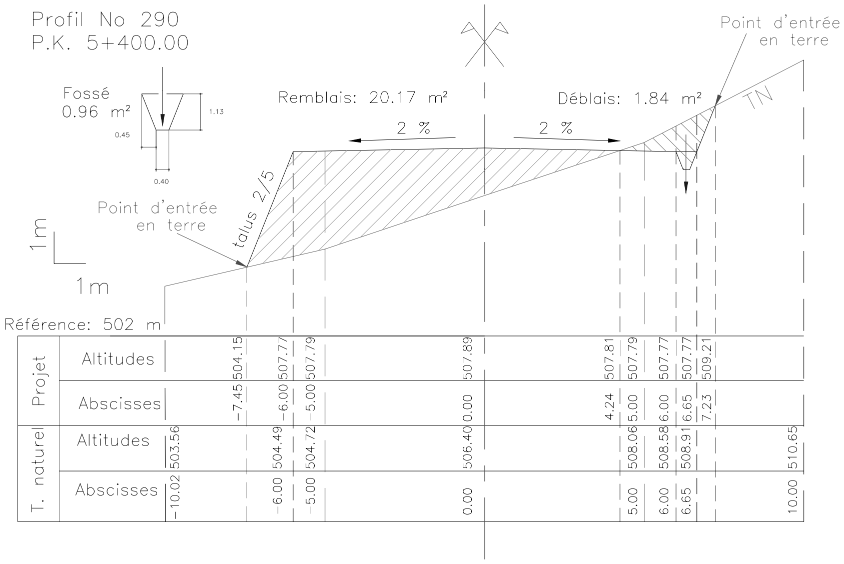
Profil en travers type - Déblai



Profil en travers type - Remblai



Exemple de Profil en Travers



Calcul des cubatures

Le calcul est fait en utilisant la méthode de la moyenne des aires (V_1) ou la formule des prismatoïdes (V_2):

$$V_1 = \sum d.\left(\frac{S_i + S_{i+1}}{2}\right)$$

$$V_2 = \frac{d}{3}\left[S_1 + S_n + 2.\sum S_{impair} + 4.\sum S_{pair}\right]$$

Calcul des cubatures

Ce calcul comprend :

- Le volume des déblais et des remblais en incluant les talus et les fossés.
- Le volume de la couche de forme.
- Le volume de la terre végétale.
- Le volume des couches de la chaussée.
- Le volume de l'enrobé.