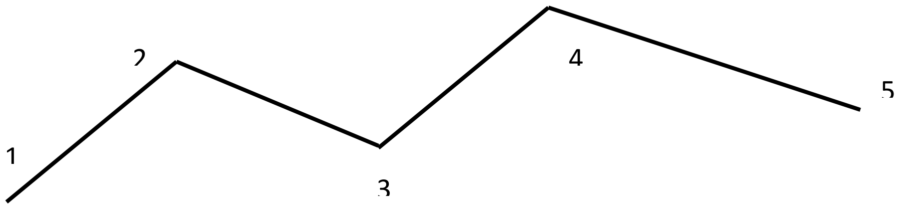
Les raccordements

1-Tracé en plan

Pour construire une route nouvelle il faut récapituler tous les renseignements sur le relief, les zones sensibles pour l'environnement, la géologie, les rivières et l'hydraulique souterraine, les constructions existantes…

Puis tracer une ligne brisée qui évite les obstacles, c'est la polygonale planimétrique.

Calculer les coordonnées de chaque sommet dans le repère Lambert.



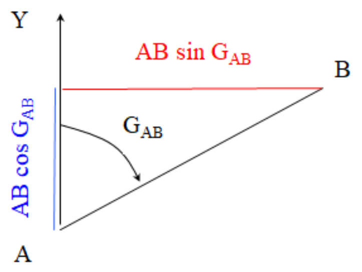
Rappel de topographie sur le gisement
Si on connaît les coordonnées de A XA et YA et de B XB et YB
GAB = arctang ((XB-XA) / (YB-YA)) pour GAB compris entre 0 et 100gr

Si on connaît les coordonnées de A, le gisement GAB et la distance AB on peut calculer les coordonnées de B

XB = XA + AB sin GAB

et YB = YA + AB cos GAB

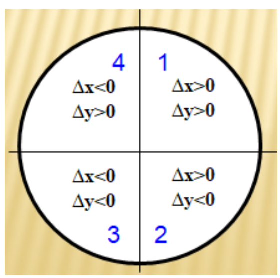
ces formules sont valables pour $0 \leq GAB \leq 400gr$



$\Delta X = XB - XA$

$\Delta Y = YB - YA$

$\mathrm{Arctang}(\Delta X / \Delta y) = \alpha$

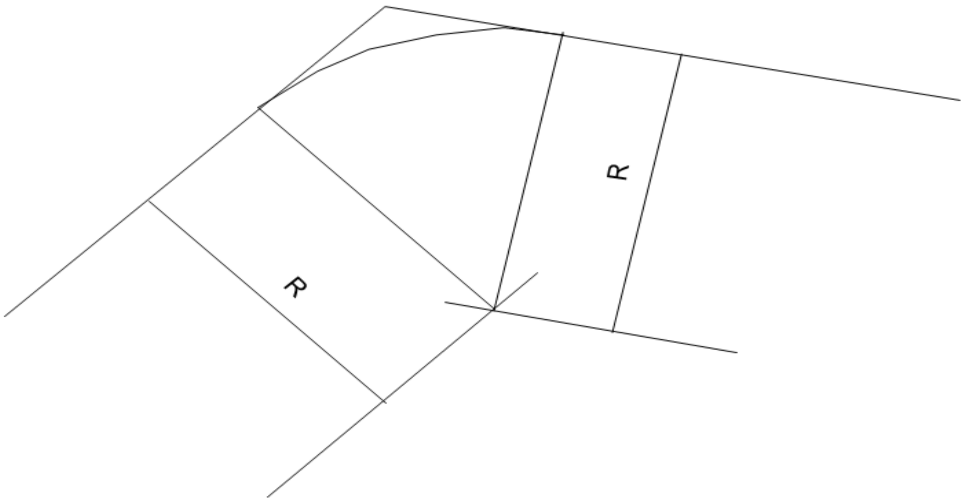


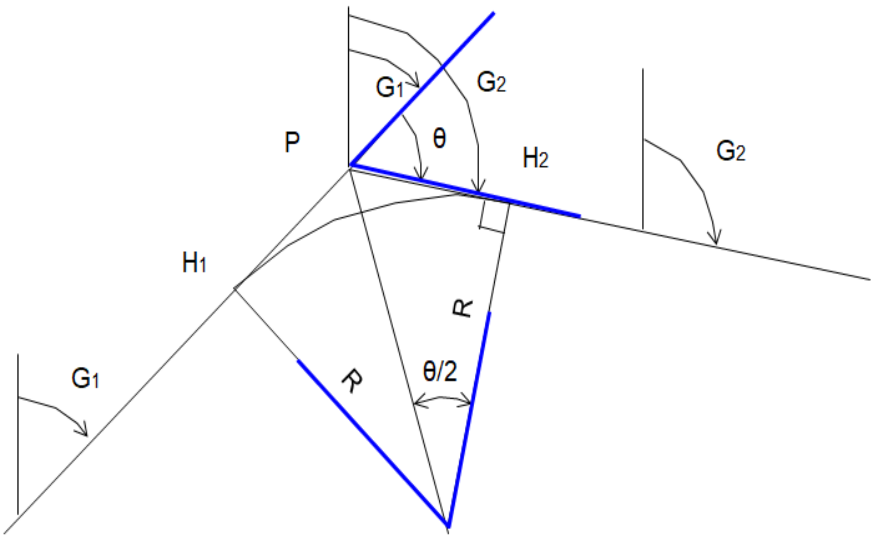
1^{er} cadran: GAB= α
2eme cadran: GAB=200- α
3éme cadran: GAB=200+ α
4éme cadran: GAB=400- α
NOTA: α pris en valeur absolue

Les coordonnées des sommets de la polygonale sont récapitulées dans un tableau de ce type.

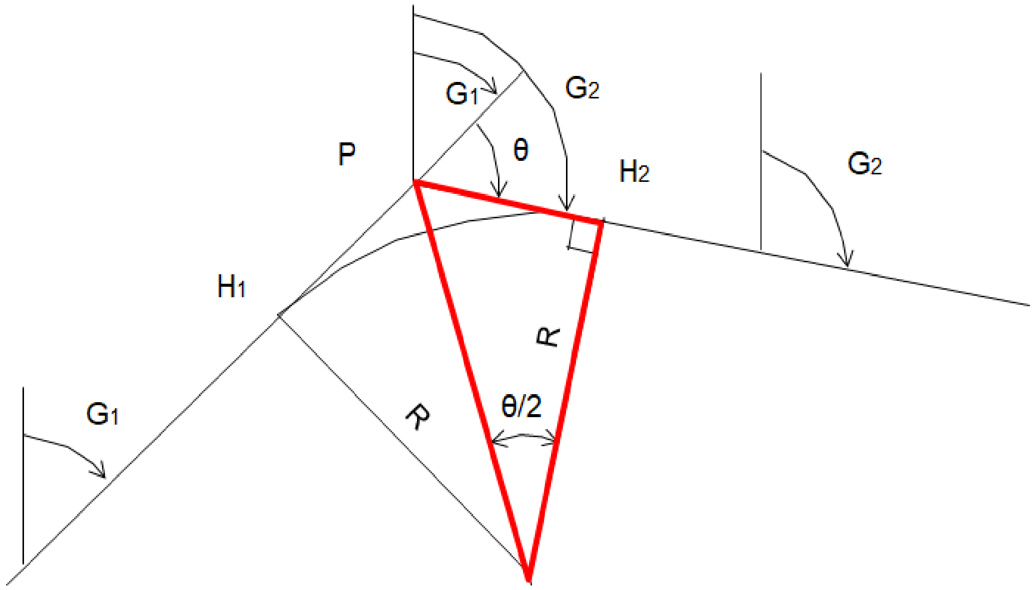
N°sommet	X	Y
1		
2		
3		
…		

Raccordement entre deux droites par un arc de cercle.





Principe de calcul des points du raccordement circulaire.
$\theta = G_2 - G_1$



<u>Principe de calcul des points du raccordement circulaire.</u>

$\theta = G_2 - G_1$

$PH_2 = PH_1 = R \tan(\theta/2)$

Avec P, G_2 et PH_2 on peut calculer les coordonnées de H_2

Avec P, G_1+200 et PH_1 on peut calculer les coordonnées de H_1

Le centre du cercle est obtenu à partir de H_2, G_2+100 et R

Méthode de calcul des raccordements circulaires

Le raccordement circulaire utilisé en voie urbaine impose aux conducteurs de réduire la vitesse en donnant une facilité de braquage des véhicules. Ce raccordement est facile à réaliser.

Pour assurer un bon raccordement dans un virage par un arc de cercle il faut donner toutes les caractéristiques de cet arc qui sont représenté dans la figure ci-après.

T : longueur de la tengante (m).

Considérons le triangle SOA : on a :

α: angle au centre de l'arc en (gr)

θ : angle formé par les deux axes de la route.

R : rayon de courbure (m)

Tg(α/2)=AS/R et AS= T   tel que : α/2=100-θ/2

Donc : **T= R tg(α/2)**

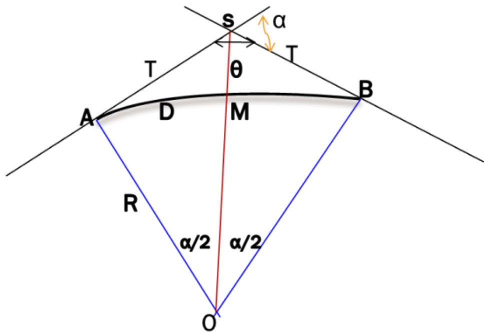


Figure1 : Raccordement circulaire

Calcul de la distance du sommet à la courbe β

On a : sin (α/2)=T/OS=T/R+β tel que $\beta = SM$

D'où : $\beta = \frac{T}{sin\frac{\alpha}{2}} - R$

Calcul de la développée D

On a : $D = \frac{\pi R\alpha}{200}$ (α en grade)

Exemple : R=2000m, θ=180 (grade)

Calculer T, β, D

Réponse : α/2=10 grad, T=39.60 m , β=3.12m , D=78.54m

3.3. Courbe de raccordement progressif (Clothoide)

L'emploi des CR se justifie par les conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule (s'il n'y a pas de CR entre un AD et le cercle du virage la force centrifuge fait brusquement son apparition au point de tangence).
- Confort des passagers du véhicule (en passant sans transition d'un AD à un cercle les passagers sont désagréablement sollicités, le remède à cela consiste à donner au véhicule un parcours assez long entre la fin d'AD et le début de cercle).
- Transition de la forme de chaussée (un dévers constant sur toute la partie circulaire du virage, sur l'alignement il est minimal, il est donc nécessaire de disposer d'un tronçon intermédiaire entre l'AD et le cercle qui est CR).

3.1.1. Clothoide :

La Clothoide est une spirale, dont le rayon de courbure décroit d'une façon continue dès l'origine (ou point d'inflexion) ou il est infini jusqu' au point où il est nul.

Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne (longueur de l'arc), la variation de la courbure est continue, dans le même sens entre la courbure (0=1/R) et la courbure infinie (1/R=∞, R→0).

La CR permet le raccordement de deux éléments géométriques du tracé faisant entre eux un angle quelconque.

Le long du raccordement, le dévers varie linéairement en fonction de la courbure.

Parcourue à vitesse constante, la Clothoide maintient constante la variation de l'accélération transversale se qui est très avantageux pour le confort des usagers.

a) Equation de la Clothoide :

$L.R=A^2$

R : rayon de courbure dans un point p

L : longueur le long de la courbe entre l'origine et p

A : paramètre de Clothoide

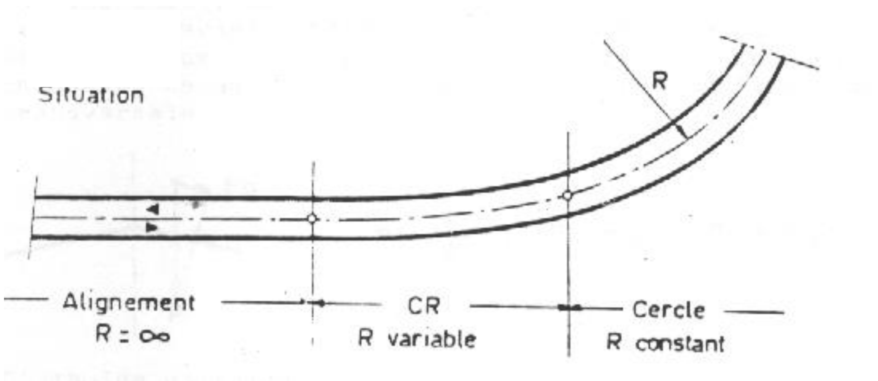
A l'origine : L=0, R=$A^2/0=\infty$

Dès l'origine, L augmente, R diminue, on a une spirale.

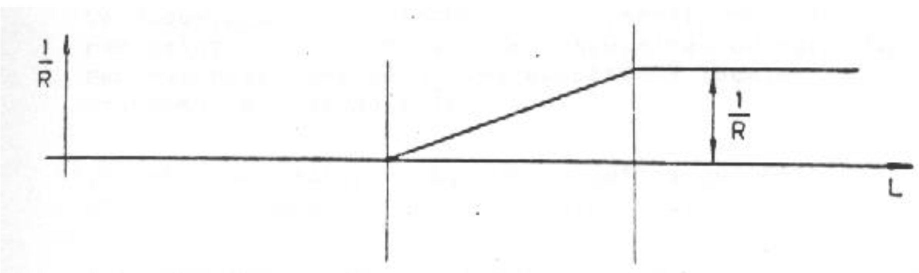
A chaque paramètre A correspond une seule Clothoide

Représentation schématique des variations suivantes : Courbure, forme de la chaussée, accélération

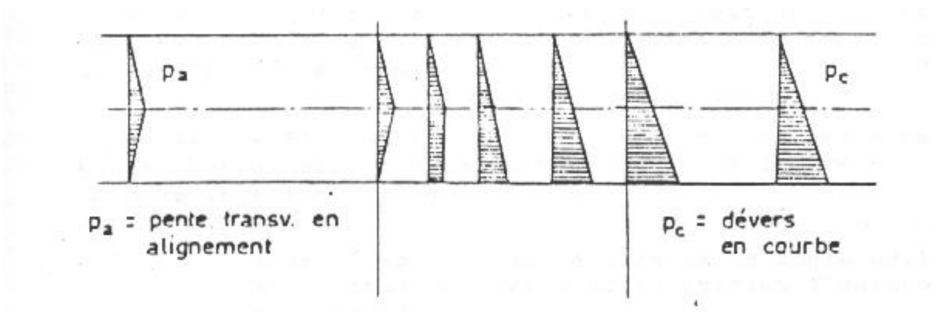
a- Tracé en situation.



b- Variation de la courbure.



c- Variation de la forme superficielle de la chaussée.



d- Variation de l'accélération transversale pour la voie extérieure (tourner à gauche).

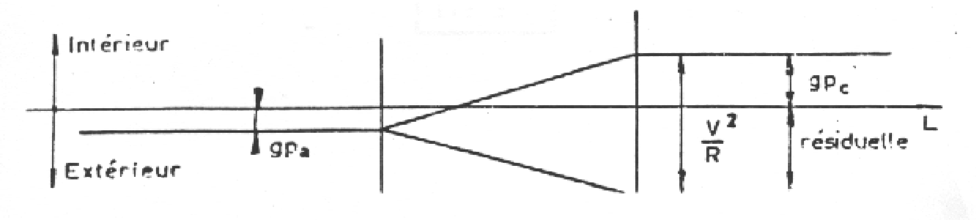
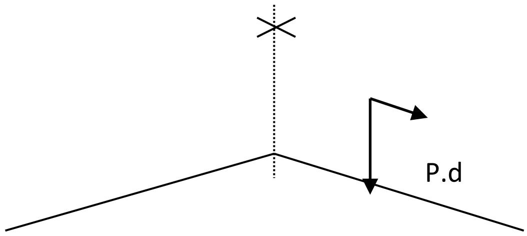


Figure 2 (a, b , c ,d) : Représentation schématique des différentes variations.

En alignement, il n'y a pas précisément une accélération transversale, mais la composante P.d du poids est une force qui tire le véhicule vers le bord de la chaussée ; ce qui peut être assimilé à une accélération transversale.

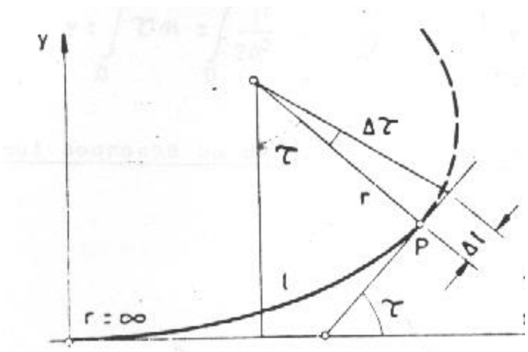


$m = \frac{P}{g}$; P= m.g $\Rightarrow$ P.d = m.g.d

Accélération transversale : g.d

Figure 3 : Accélération transversale en alignement.

Angle de la tangente en un point P



$\Delta\tau \sim \frac{\Delta l}{r} \Rightarrow d\tau = \frac{dl}{r}$

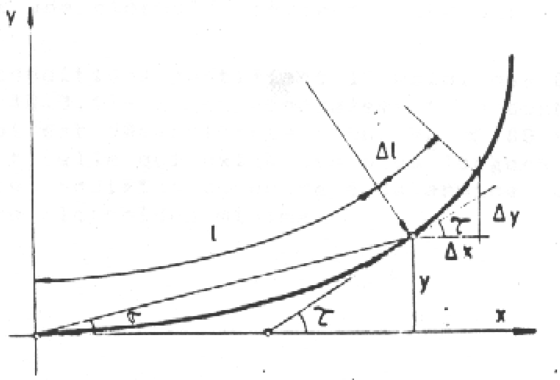
multiplié par r.l

d τ.r.l = dl.l

$A^2.d\tau = dl.l$

$\tau = \frac{l^2}{2A^2} = \frac{l}{2r}$ donc $\tau = \frac{l}{2r}$

Calcul approché de l'ordonnées y :



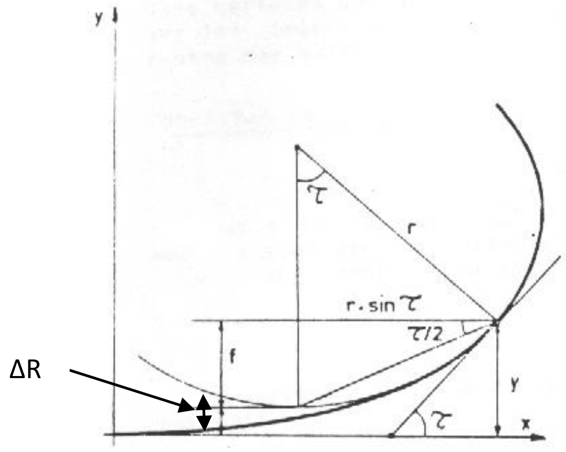
$\Delta y \sim \Delta l .\sin \tau$

$dy = dl \sin \tau$

pour τ petit on a : sin τ ~ τ

$$dy \sim \tau \,.\, dl$$

$$y = \int_0^l \tau . dl = \int_0^l \frac{l^2}{2A^2} dl = \frac{l^3}{6A^2} \quad \Rightarrow \mathbf{y} \cong \frac{l^2}{6r}$$



Calcul approché du décalage ΔR du cercle :

Décalage ΔR = y-f

$$Y = \frac{l^2}{6r}$$

$$f = r.\sin\tau.\mathrm{tg}\frac{\tau}{2} \sim r\,\frac{\tau}{2}$$

$$f = \frac{r}{2}.\frac{l^2}{4r^2} = \frac{l^2}{8r}$$

$$R \sim \frac{l^2}{6r} - \frac{l^2}{8r} \quad \Rightarrow \Delta R \cong \frac{l^2}{24r}$$

Résultats du calcul approché de la clothoide :

Légende :
L : abscisse curviligne (longueur clothoide .
R : rayon du cercle à l’abscisse L(m).
M : Centre du cercle (abscisse : Xm)
Ka : origine clothoide (XKA, YKA)
KE : extrémité clothoide (XKE, YKE)
τ : angle tangente ; TC : tangente courte ; TL : tangente longue.
σ : angle polaire ; SL : corde à la clothoide ; ΔR : rippage.

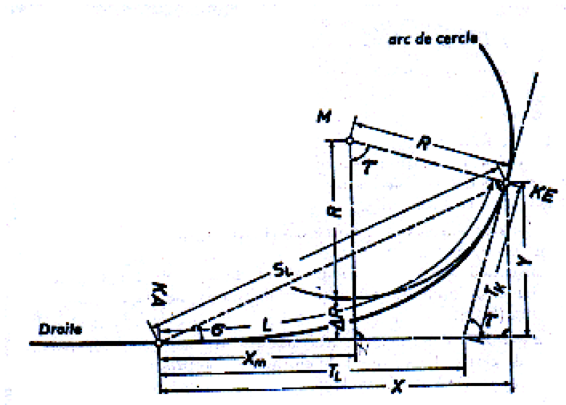


Figure 4 : Eléments géométriques de la clothoide

$$X_{KE} \approx L \qquad \Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{Y_{KE}}{4} \qquad Y_{KE} \approx \frac{L^2}{6R} = \frac{X_{KE}^3}{6R.L}$$

$$A^2 = R.L \qquad \tau = \frac{L}{2R} \qquad X_M \approx \frac{X_{KE}}{2}$$

Choix de la clothoide

La clothoïde est définie par une seule donnée : - soit sa longueur L

- soit son paramètre A.

Le choix d’une clothoide doit respecter les conditions suivantes :

a- <u>Condition optique :</u>

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en annonçant le virage; la rotation doit être ≥ 3° pour être perceptible à l'œil.

$\tau \geq \frac{1}{18}\,\mathrm{rad}\ (3°) \Rightarrow \frac{L}{2R} \geq \frac{1}{18} \Rightarrow L \geq \frac{R}{9}$ soit $A \geq \frac{R}{3}$ $\Rightarrow A\min = \frac{R}{3}$ et $A\max = R$

<u>Règles générales (B40) :</u>

♦ Pour tout rayon ≤ 1500 m, le ripage ΔR = 1 m (éventuellement 0,5 m) et $L = \sqrt{24R.\Delta R}$

♦ 1500 < $R \leq$ 5 000 m $\Rightarrow$ $L = \frac{R}{9}$ $(\tau = 3°)$

♦ $R >$ 5 000 m ΔR limité à 2,50 m soit $L = 7{,}75\sqrt{R}$

b- Condition de confort dynamique :

Dans un virage de rayon R et de dévers d, les roues du véhicule sont soumises à des forces de frottement transversal de résultante F.

c .stabilité : $P.d + F \geq F' \Rightarrow F \geq \frac{mv^2}{R} - mg.\Delta d$ $\Rightarrow F \geq m\left(\frac{v^2}{R} - g.\Delta d\right)$ C'est l'introduction trop brutale de la force F qui est dangereuse pour la stabilité du véhicule et inconfortable pour l'usager.

La condition de confort dynamique consiste donc à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale. Cette variation est limitée à une fraction de l'accélération de pesanteur $K.g = \frac{1}{0{,}2V_B}.g$

Soit $\frac{\frac{v^2}{R} - g.\Delta d}{\Delta t} \leq \frac{g}{0{,}2V_B}$ avec $\Delta t = \frac{L}{v}$, $v = \frac{V}{3{,}6}$ et g= 9,8 m/s²

$$L \geq \frac{V_B^2}{18}\left(\frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d\right)$$

c) <u>Condition de gauchissement</u>

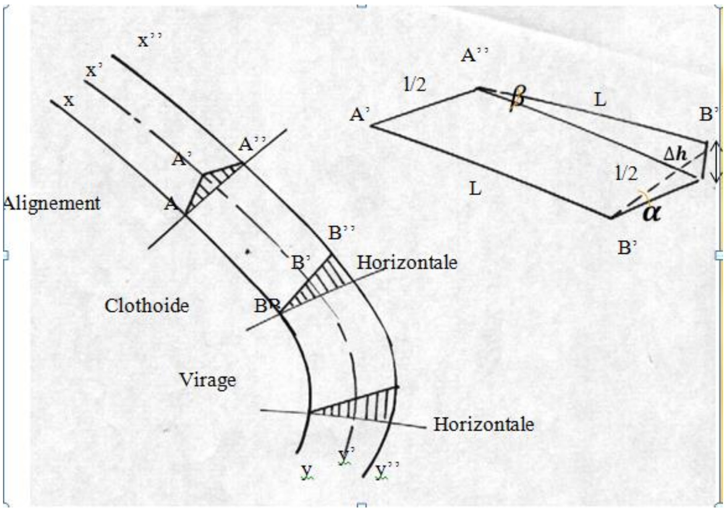


Figure 21 : Variation de la forme superficielle de la chaussée

Longueur de raccordement : La demi-chaussée extérieure au virage de raccordement est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule. Le raccordement doit assurer à la route un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe, de telle sorte : $\Delta p \le \frac{0,5}{V_B}$.

On assimile A'B' et A''B'' à des droites = L et on choisit comme plan de référence celui formé par A'A'' et A'B'.

Si l : largeur chaussée $\Rightarrow$ A'A'' = B'B'' $= \frac{l}{2}$ et P projection de B'' sur le plan de référence.

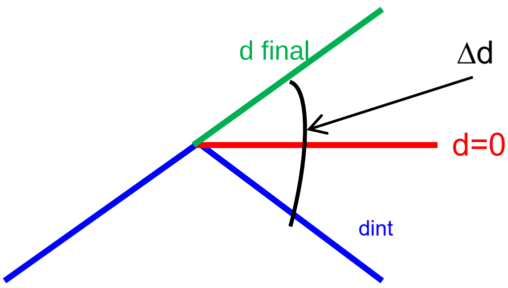
β petit $\Rightarrow \sin\beta = \mathrm{tg}\beta = \frac{\Delta h}{L} = \Delta p$

et α petit $\Rightarrow \sin\alpha = \mathrm{tg}\alpha = \frac{\Delta h}{\frac{l}{2}} = \Delta d$

C . Gauchissement : $\Delta p \le \frac{0,5}{V_B} \Rightarrow \frac{\Delta h}{L} \le \frac{0,5}{V_B} \Rightarrow \frac{l/2.\Delta d}{L} \le \frac{0,5}{V_B} \Rightarrow \frac{l.\Delta d}{L} \le \frac{1}{V_B} \Rightarrow$ $L \ge l.\Delta d.V_B$

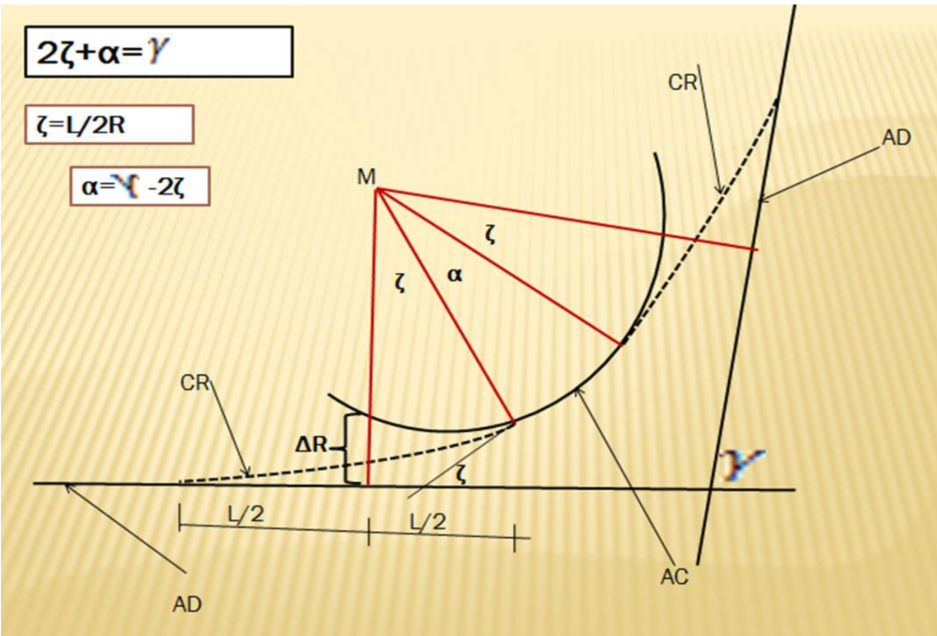
l: largeur de chaussée
Δd: variation de dévers
VB vitesse de référence

$\Delta d = d_{fin} - d_{init}$



Remarque: condition de non chevauchement des clothoides

Dans le



raccordement par clothoide, il faut éviter le phénomène de chevauchement.
Pour vérifier s'il y'a chevauchement ou non, on a les conditions suivantes:
Si : $\tau > \frac{\gamma}{2}$ on a chevauchement
Si: $\boldsymbol{\tau} = \frac{\boldsymbol{\gamma}}{\mathbf{2}}$ le raccordement se fait par 2 branches de clothoide de longueur L
Si : $\boldsymbol{\tau} < \frac{\boldsymbol{\gamma}}{\mathbf{2}}$ pas de chevauchement et le raccordement se fait par un arc de cercle et deux branches de clothoide
Si: $\tau > \frac{\gamma}{2}$ (on a chevauchement), on doit résoudre le problème: **Donc la solution est d'augmenter R ou installé un rayon sans clothoide R≥R**