

CHAPITRE V

PROFIL EN LONG

V.1. Définition

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

V.2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

- D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

V.3. Eléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segment de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude de la ligne du projet
- La déclivité de la ligne du projet

V.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel; ces objectifs incite à :

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
 $R_{\text{vertical}} > 6 \times R_{\text{horizontal}}$, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

V.5. Déclivité

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

V.5.1. Déclivité minimum

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possible à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales.la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieur à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

V.5.2. Déclivité maximum

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande de puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 8%.

Tableau-01- : valeur de déclivité maximale

V_r ,km/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

Pour notre cas la vitesse $V_r = 100 \text{ km/h}$ donc la pente maximale $I_{\text{max}} = 5\%$

Un rappel des définitions utiles pour caractériser l'inclinaison d'une route

Pente et déclivité

d = distance parcourue (mesurée sur la route)

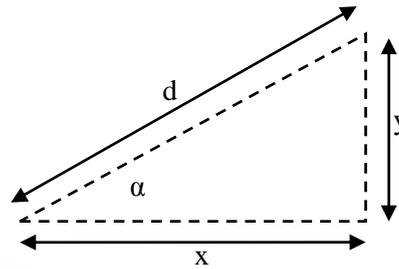
y = dénivellation

x = distance horizontale = $\sqrt{d^2 - y^2}$

pente = $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{y}{\sqrt{d^2 - y^2}}$

déclivité = $\sin \alpha = \frac{y}{d}$

Pour des petites valeurs de α ($\leq 10^\circ$), la pente et la déclivité coïncident (si on arrondit à la première décimale (i.e. en pourmille).



V.6. Les raccordements en profil en long

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccordements :

V.6.1. Raccordements convexes (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

V.6.1.1. Condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (Cat 3-4-5) », Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 / Rv < g / 40 \quad \text{avec} \quad g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad \text{et} \quad v = V/3.6$$

D'où :

$$Rv_{\min} \geq 0,30 V^2 \quad (\text{cat 1-2}).$$

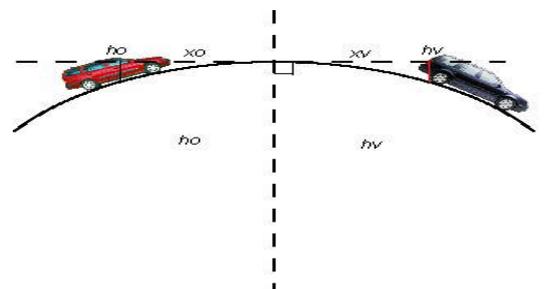
$$Rv_{\min} \geq 0,23 V^2 \quad (\text{cat 3-4-5}).$$

Tel que :

Rv : c'est le rayon vertical (m) et V : vitesse de référence (km/h).

V.6.1.2. Condition de visibilité

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de la condition de confort.



Il faut deux véhicules circule en sens opposes puissent s’apercevoir a une distance double de la distance d’arrêt minimum.

Le rayon de raccordement est donne par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2.(h_0+h_1+2.\sqrt{h_0.h_1})} \approx 0,27D^2$$

- **d** : Distance d’arrêt (m).
- **h₀** : Hauteur de l’œil (m).
- **h₁** : Hauteur de l’obstacle (m).

Dans le cas d’une route unidirectionnelle :

$$h_0 = 1.1 \text{ m}, h_1 = 0.15 \text{ m}$$

On trouve : $R_v = a d_1^2$ $a = 0.24$ pour cat **1-2**

$$R_v = 0.24 d_1^2$$

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base **V_b=100 (Km/h)** et pour la catégorie **1-2** on a :

Tableau-02-Rayons convexes.

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{Vm1}	6 000
Min- normal	R_{VN1}	12 000
Dépassement	R_{VD}	20 000

V.6.2. Raccordements concaves (angle rentrant)

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité diurne n’est pas déterminante, plutôt c’est pendant la nuit qu’on doit s’assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurer pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'_v = \frac{d_1^2}{(1.5+0,035 \times d_1)}$$

Dans notre cas, on à :

Tableau-03-Rayons concaves (angle rentrant).

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R’_{vm}	3 000
Min -normal	R’_{VN}	4 200

V.7.Détermination pratique du profil en long

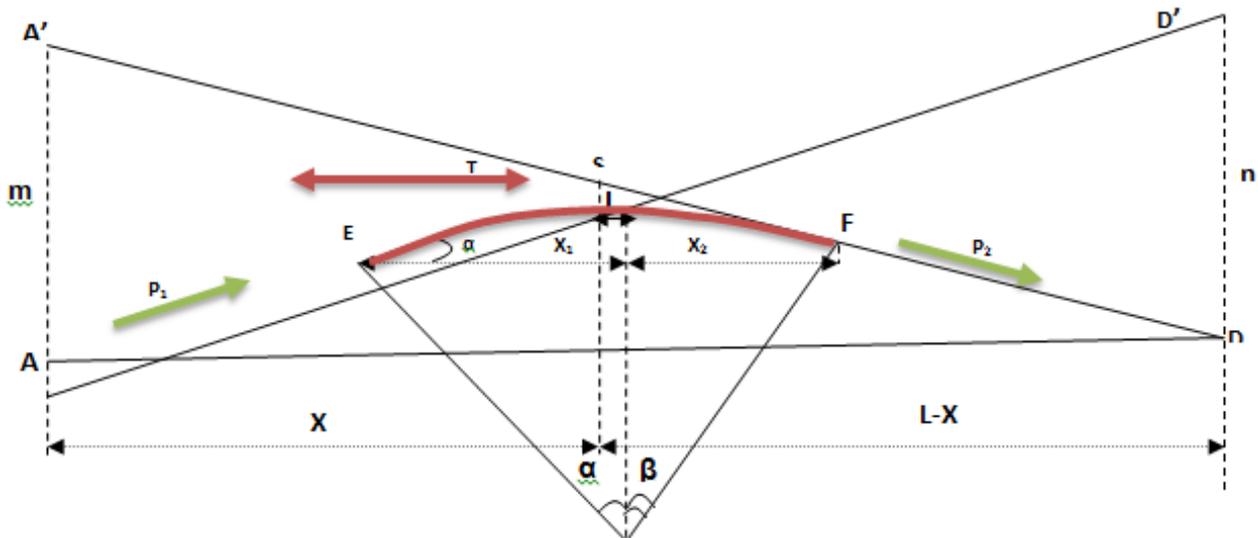
Dans les études des projets, on assimile l’équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0$$

À l'équation de la parabole $X^2 - 2RY = 0 \rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.



V.7.1. Détermination de La position du point de rencontre (S) :

On a :

$$\begin{aligned} Z_{D'} &= Z_A + L \cdot P_2 & ; & & m &= Z_{A'} - Z_A \\ Z_{A'} &= Z_D + L \cdot P_1 & ; & & n &= Z_{D'} - Z_D \end{aligned}$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P_1 \cdot X + Z_A \end{cases}$$

V.7.2. Calculs de La tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F.

$$E \begin{cases} X_E = x_s - T \\ Z_E = z_s - T \cdot P_1 \end{cases} ; \quad F \begin{cases} X_F = x_s + T \\ Z_F = z_s - T \cdot P_2 \end{cases}$$

V.7.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

V.7.4. Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

V.7.5. Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \quad \left\{ \begin{array}{l} H_x = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X_{p1} - X^2 / 2R \end{array} \right.$$

V.7.6. Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T) :

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$X1=Rp1 \quad ; \quad X2= Rp2J \quad \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R.P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1.P_1 \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, La connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J ver A et D.

❖ Le calcul est effectué à l'aide du logiciel Autodesk Civil 3D 2012.