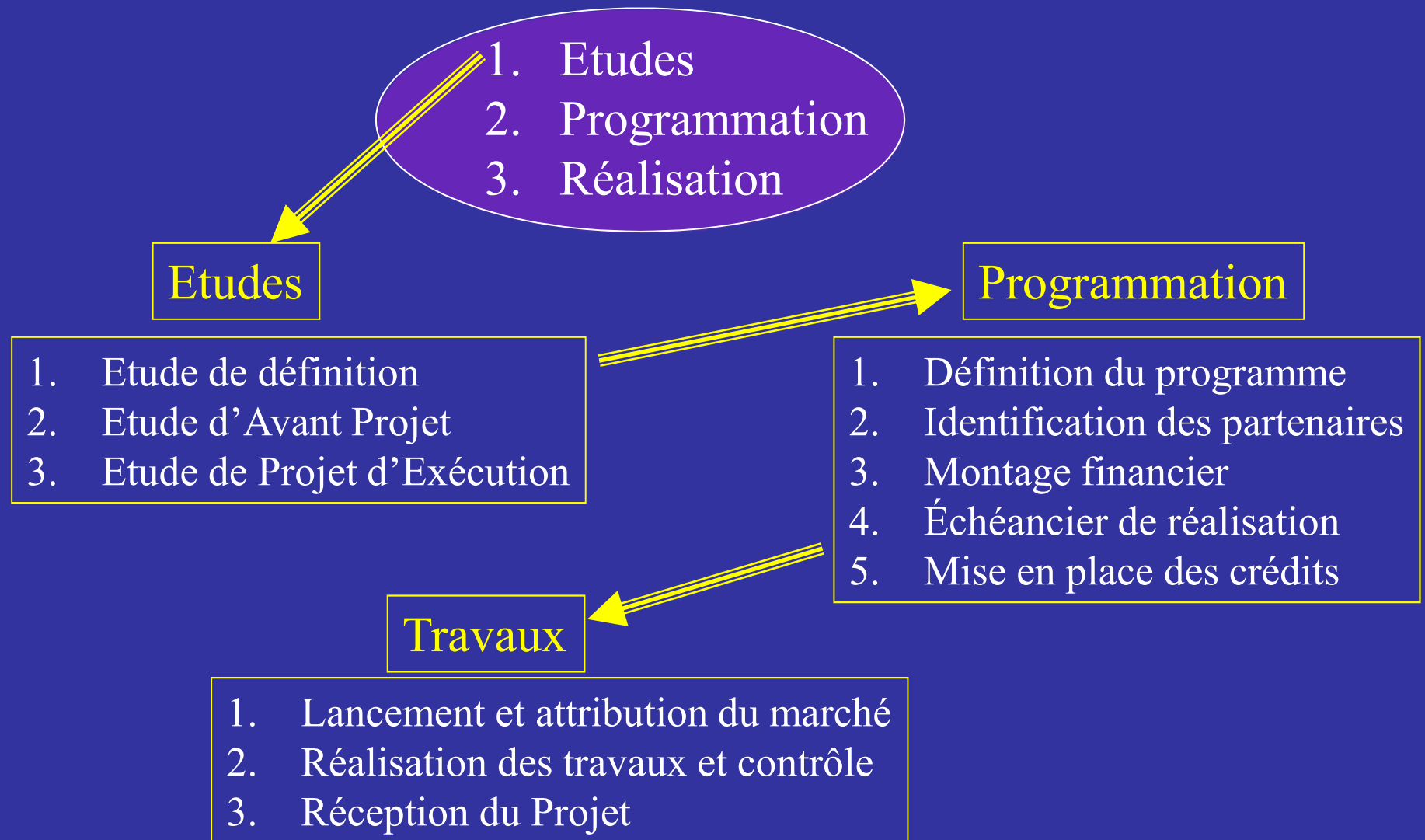




**INSTITUT SPÉCIALISÉ DES TRAVAUX PUBLICS DU
MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT DU TRANSPORT , DE LA
LOGISTIQUE ET DE L'EAU (ISTP-AGADIR)**

COURS DE ROUTES - TRACE ROUTIER

CH1.PHASAGE DE CONCEPTION D'UN PROJET ROUTIER



Etude de définition

Mémoire justificatif et explicatif	objectif de l'opération ;données (topographiques, trafic, géotechniques. Spécifiques, hydrologiques) Choix des catégories Discussions technico- économiques Proposition de variante à retenir pour la phase suivante :
Plans annexes	Plan de situation Esquisses des tracés proposés sur carte géographique Esquisses des tracés sur extraits de carte géologique Esquisses des tracés sur cartes des contraintes. Zone de peuplement industriel et urbain Zone à activité agricole Potentiel touristique Album de photographies en couleurs.

Avant Projet

Mémoire justificatif et justificatif	Objet de l'opération ;Rappel des études et décisions antérieures ; Description et interprétation des données géologiques et géotechniques. Description des caractéristiques des variantes étudiées ; Analyses technico-économiques et choix entre variantes (éventuellement) ; Justification du choix et des caractéristiques de la variante proposée ; Proposition pour l'étude du projet d'exécution ; Exposé des contraintes spécifiques ; Tableau des caractéristiques géométriques en plan et en profil en long ; Détail estimatif chiffré . Evaluation de la rentabilité économique de la variante (éventuellement).
Annexes au mémoire	dossier : géologique et géotechnique. Compte rendu de reconnaissance visuelle sous forme de schéma itinéraire ; Cahier des coupes de sondage ; Rapports des essais de laboratoire. dossier : avant métré Avant métré des terrassements.
Plans	plan de situation plan d'ensemble des variantes profils en travers types plan de tracé et profils en long cahier des profils en travers (éventuellement) Plan des ouvrages de protection

Projet d'exécution

Mémoire justificatif	objet de l'opération; rappel des études et décision antérieure Justification des modifications éventuelles apportées à l'avant projet approuvé. Tableau récapitulatif des caractéristiques géométriques en plan et profil en long Synthèse des éléments géologique et géotechnique recueillis au cours de l'avant projet et du P.E Synthèses des dispositions prises pour l'optimisation et l'exécution des terrassements Détail estimatif chiffré.
Annexes	<u>Dossier : géologie et géotechnique</u> Le (s) rapport (s) de (s) reconnaissances(s) complémentaire les caractéristiques des profils en travers les conditions de réalisation des déblais en remblais les zones d'emprunts potentielles Les études spécifiques déblais et remblais de grande hauteur. A ce rapport sont joints les résultats des sondages et essais, les coupes géologiques et géotechniques, etc.... <u>Dossier : Terrassement :</u> Il contient : une note sur l'optimisation du mouvement des terres Le tableau de correspondance des terres L'avant métré détaillé des terrassements par section homogène en nature de terrain traversé.
Plans	Plan de situation Plan général du tracé (tracé en plan) Plan général en long (profil en long) Profil en travers type et profils en travers particuliers Plans de détail des ouvrages de protection

CH II . TERMINOLOGIE ROUTIERE

1. Chaussée et accotements
2. Terre plein central
3. Fossé
4. Plate- forme et assiette
5. Emprise
6. Remblais et déblais
7. Dévers et Talus
8. Ouvrages d'assainissement

Chaussée

Épaulement

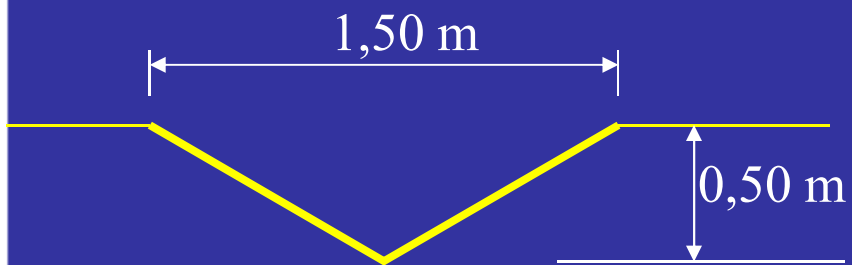
Accotement

TPC

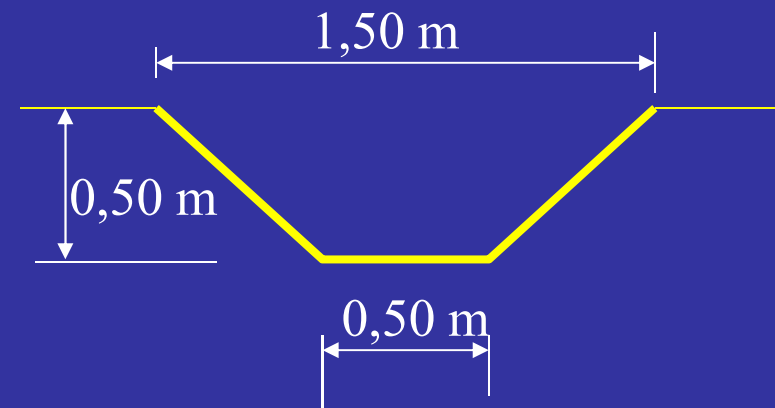




Fossé Triangulaire

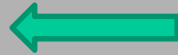
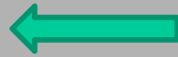


Fossé Trapézoïdal



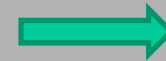
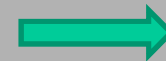
ACCOTEMENT

CHAUSSEE



T.P.C

CHAUSSEE



ACCOTEMENT



Talus



OUVRAGES HYDRAULIQUES



Buse simple



Buse triples



Dalot double

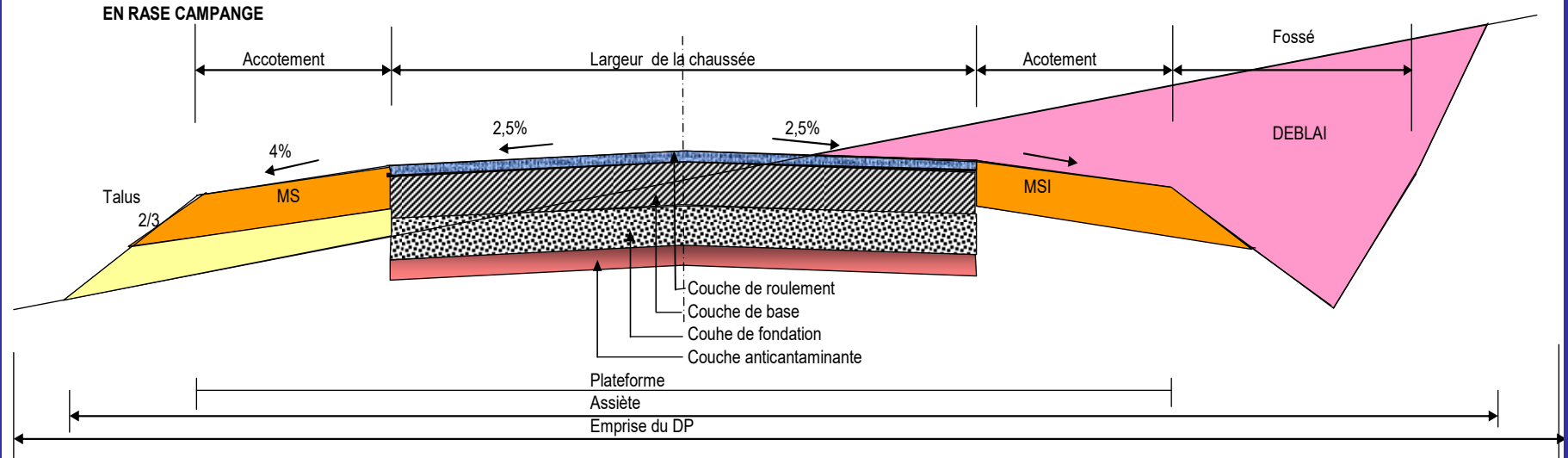


Pont

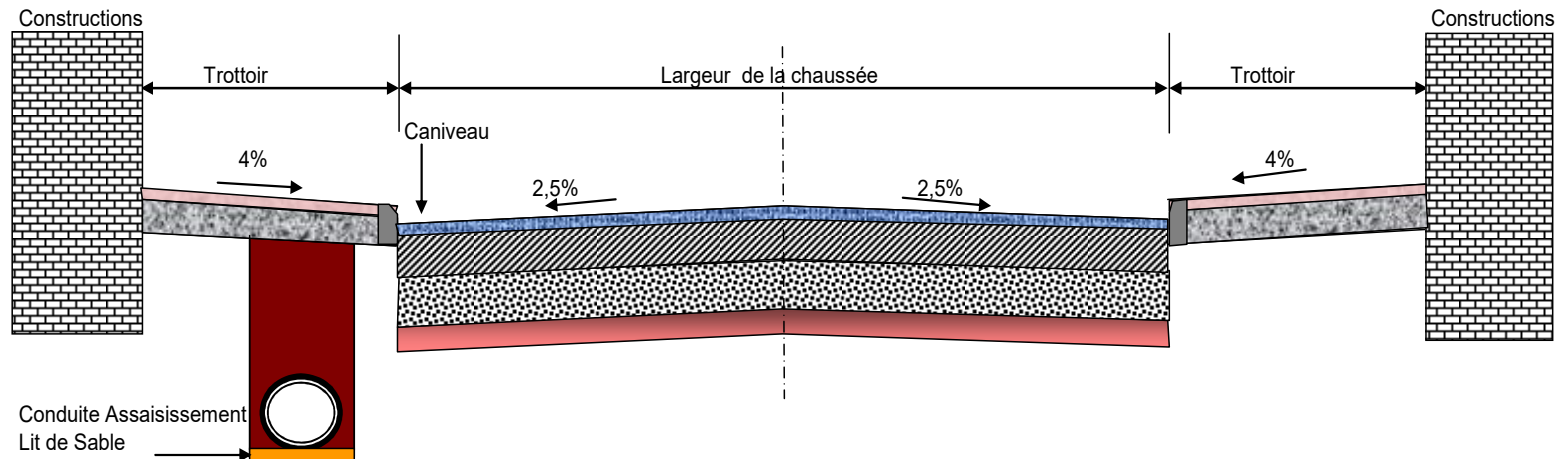


Radier semi-submersible

PROFIL EN TRAVERS TYPE



EN MILIEU URBAIN

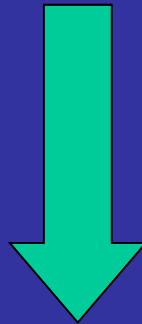


CH III . PARAMETRES FONDAMENTAUX DES PROJETS ROUTIERS

1. Vitesse de base
2. Distance de freinage
3. Distance d'arrêt
4. Distance de dépassement
5. Distance de visibilité de dépassement

Vitesse de base

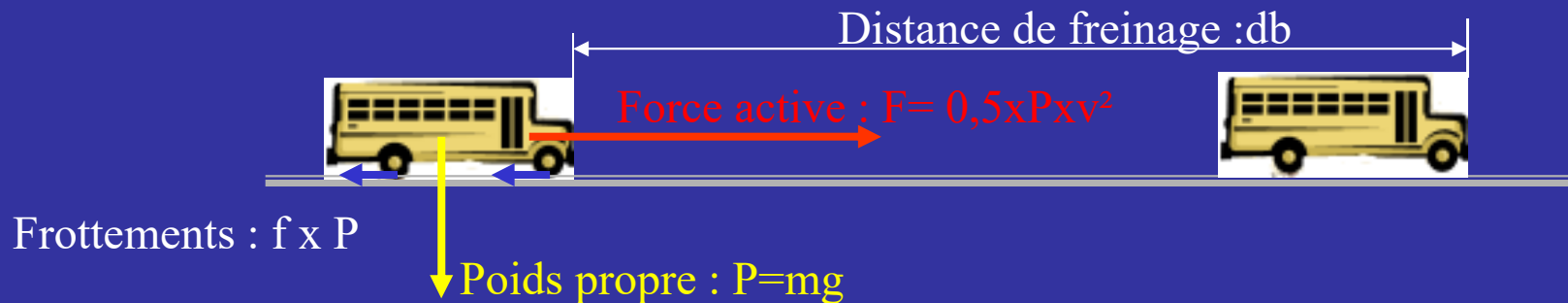
La vitesse réglementaire fixée dans un but de sécurité



La vitesse de base ou de référence

Distance élémentaire de freinage

C'est la distance parcourue par le véhicule pendant l'action effective de freinage



$$\frac{1}{2} \cdot P \cdot v^2 = f \cdot P \cdot db \quad (1)$$

$$db = \frac{1 \cdot v^2}{2 \cdot f \cdot g} \quad (2)$$

$$db(m) = 0.004 \cdot \frac{V^2}{f}$$

Avec:

f : le coefficient de frottement., ce coefficient diminue lorsque la vitesse augmente

V : la vitesse du véhicule.

Distance d'arrêt

1- La distance d'arrêt en ligne droite est donnée par la formule :

$$\underline{d1(m) = 0.004. V^2/f + 0.55 V [Km/h].} \quad V < 100 \text{ km/h}$$

$$\underline{d1(m) = 0.004. V^2/f + 0.50 V [Km/h].} \quad V > 100 \text{ km/h}$$

Avec:

Le premier terme est la longueur de freinage.

0.55 le temps de perception – réaction du conducteur.

f : le coefficient de frottement, ce coefficient diminue lorsque la vitesse augmente

V : la vitesse du véhicule.

2-La distance d'arrêt en courbe est donnée par la formule :

$$\underline{d2(m) = 0.005. V^2/f + 0.55 V [Km/h].} \quad V < 100 \text{ km/h}$$

$$\underline{d2(m) = 0.005. V^2/f + 0.50 V [Km/h].} \quad V > 100 \text{ km/h}$$

Caractère conventionnel

L'adhérence effective peut être inférieure à ces valeurs en cas de :

- ❖ Mauvais revêtement.
- ❖ Pluie.
- ❖ Blocage des roues.

Exemples de calcul de distance d'arrêt

Vitesse (Km/h)	Coefficient de frottement	En ligne droite		En Courbe	
		V< 100	V> 100	V< 100	V> 100
120	0,34		229,41		271,76
40	0,46	35,91		39,39	

En pratique la distance d'arrêt est donnée par le tableau suivant:

V(Km/h)	40	60	80	100	120	130	140
f	0,46	0,44	0,42	0,38	0,34	0,32	0,30
d1(m)	40	70	105	160	230	280	330
d2(m)	45	80	120	180	275	330	390

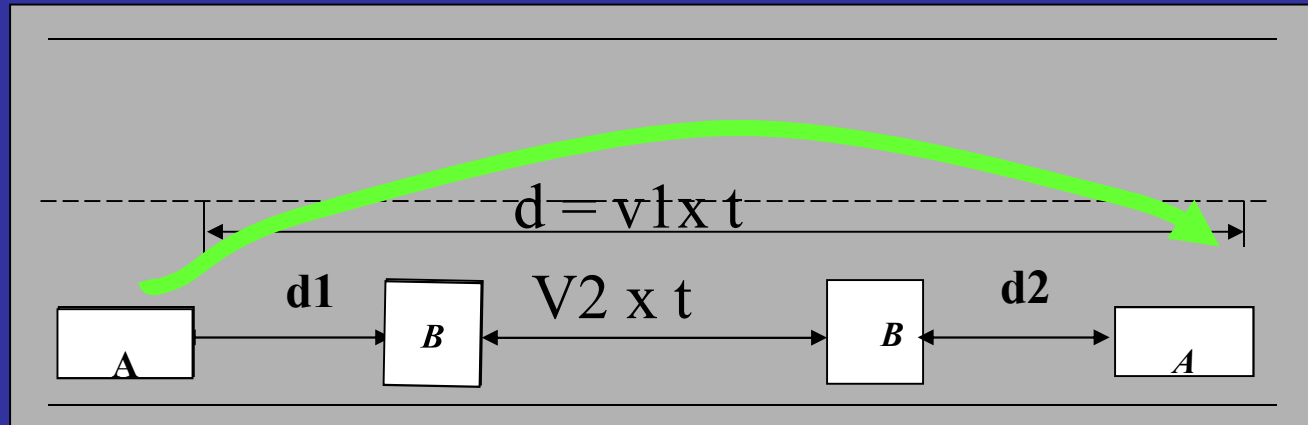
Selon l'ICGRRC la distance d'arrêt en attention diffuse est

$$D=0,01V^2+0,4V$$

Distance de dépassement

C'est celle qui permet, en sécurité, d'abandonner un dépassement en freinant ou de le poursuivre en accélérant si le véhicule opposé freine.

On considère un véhicule qui exerce la manœuvre de dépassement sans avoir à ralentir.



Soit :

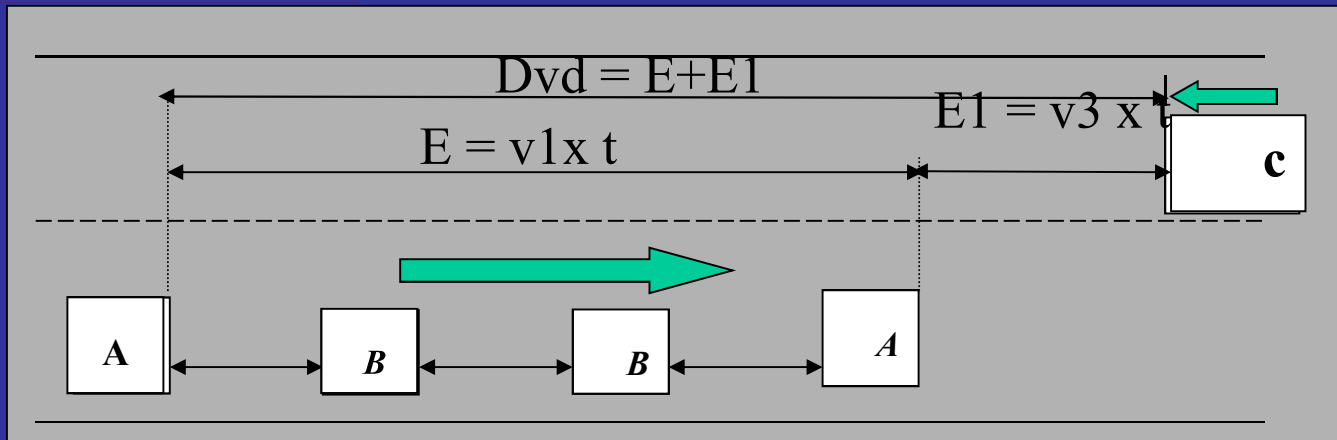
d_1 = la distance entre A et B avant le dépassement

d_2 = la distance entre A et B après le dépassement

t = le temps nécessaire pour effectuer le dépassement à la vitesse v_1

$$d = \frac{v_1(d_1 + d_2)}{v_1 - v_2}$$

Distance de visibilité de dépassement



$$D_{vd} = \frac{v_1(d_1+d_2)}{v_1 - v_2} + \frac{V_3(d_1+d_2)}{v_1 - v_2}$$

Dans le cas du Maroc, l'encombrement fréquent des artères principales invite à considérer le cas d'un véhicule en attente derrière un véhicule lent plutôt que celui d'un véhicule qui trouve la voie libre et peut doubler sans arriver à ralentir.

$$D_{vd} = 500 \text{ m}$$

CH IV . CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Normes géométriques

- ☐ ICTAAL
- ☐ ICTAVRU
- ☐ ICGRRC
- ❖ REFT

ICTAAL: (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison)

ICTAVRU: (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines)

ICGRRC :(Instruction sur les caractéristiques géométriques des routes en rase campagne)

REFT: (Routes économiques à faible trafic)

Les critères de base

Le choix des caractéristiques du projet est fondamental; c'est de ce choix que dépend :

Le coût des travaux ;

Les avantages procurés aux usagers.

Selon que les caractéristiques de base sont bien ou mal adoptées aux **conditions naturelles** et au **trafic**, le projet sera justifié ou non du point de vue économique.

➤ Les critères de base qui guident le choix de ces caractéristiques techniques sont :

Fonction de la route ;

Le trafic ;

L'environnement de la route (topographie, géologie, géotechnique, hydrologie, le bâti ,...)

- Ces données sont fondamentales pour fixer en particulier les caractéristiques du T.P, P.L ainsi que celles des O.A.
- Le choix des caractéristiques doit donc résulter d'une analyse économique prenant en considération des données du terrain et du trafic ;
- Il est toutefois indispensable, en vue de l'homogénéité du réseau, d'introduire une certaine normalisation. C'est la raison d'être des catégories de route qui vont être définies ultérieurement.

Caractéristiques de base

Profil en travers

Largeur de la chaussée, largeur de la plate-forme et pente des talus.

Profil en long

Déclivités maximales ;

Rayons de raccordement saillant et rentrant.

Tracé en plan

Rayons de courbure en plan.

Ouvrages d'assainissement et dispositifs de drainage

buses, dalots, radiers, O.A etc...

Structure de chaussée.

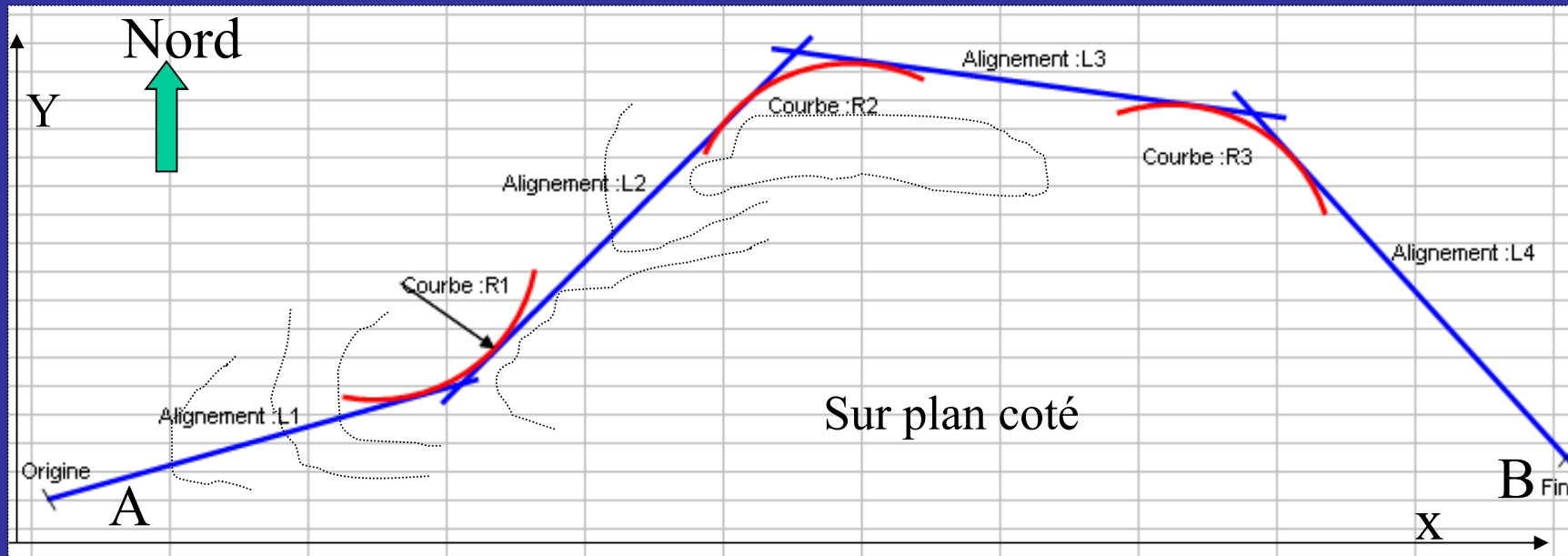
nature du sol,

trafic,

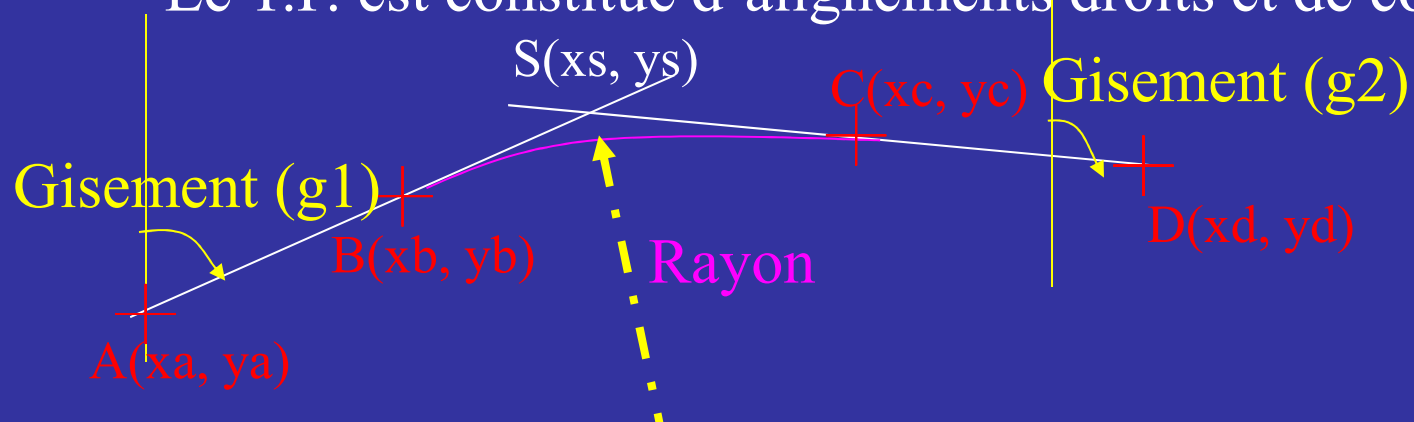
climat de la zone

matériaux disponibles dans la région .

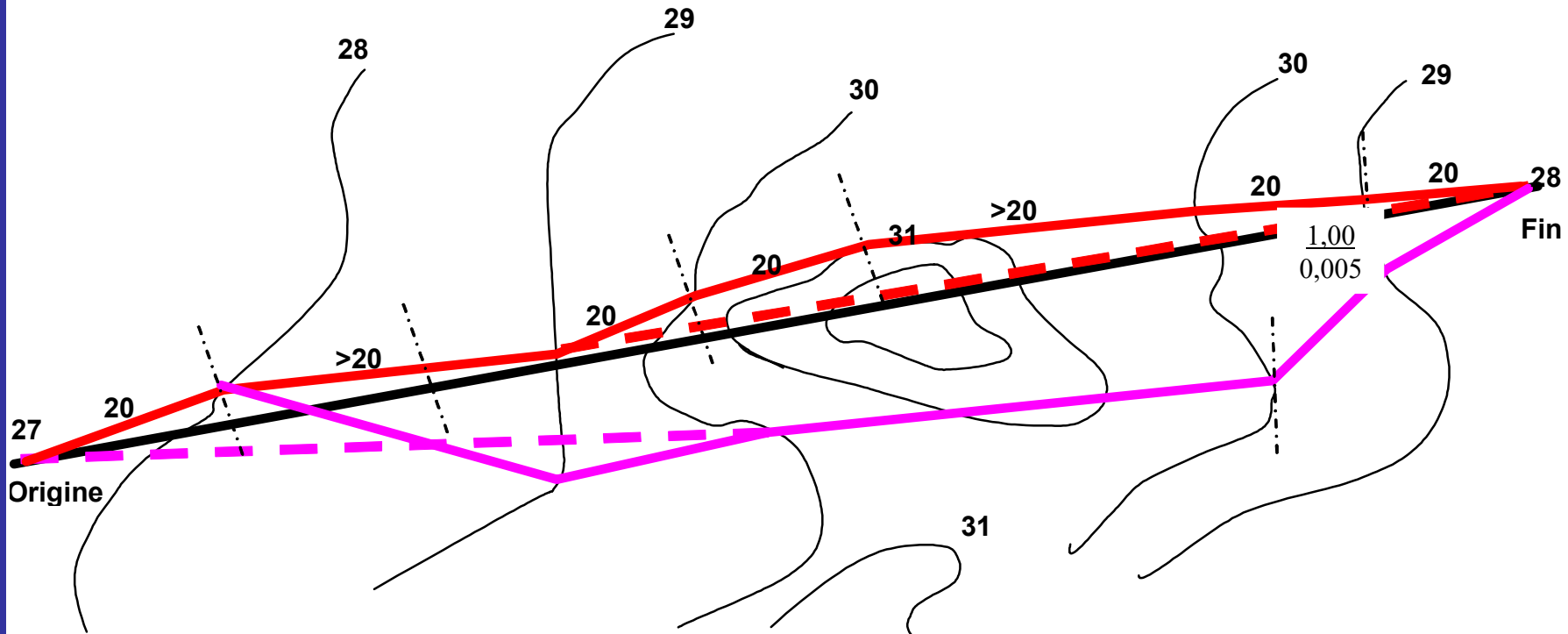
Tracé en plan



Le T.P. est constitué d'alignements droits et de courbes



Choix d'un tracé en plan



Exemple de recherche de tracé

1. Echelle 1/1000 ème –équidistance des lignes de niveaux : 1m

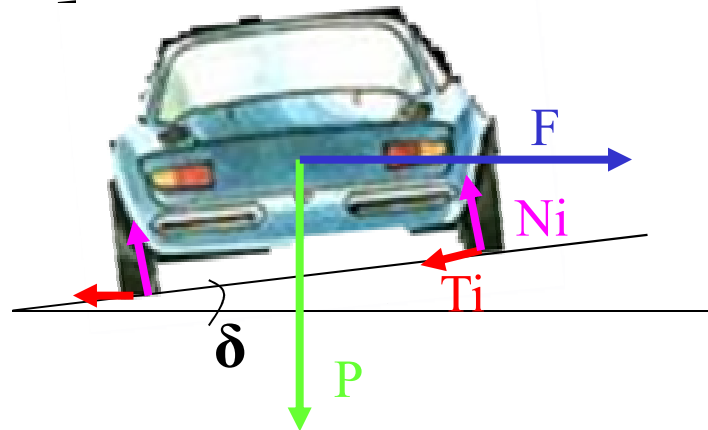
Pente maximum (5%) : 0.05 m/m

La longueur horizontale entre chaque courbe qui permet de respecter cette pente sera :
= 20 m soit 0.02 m à l'échelle

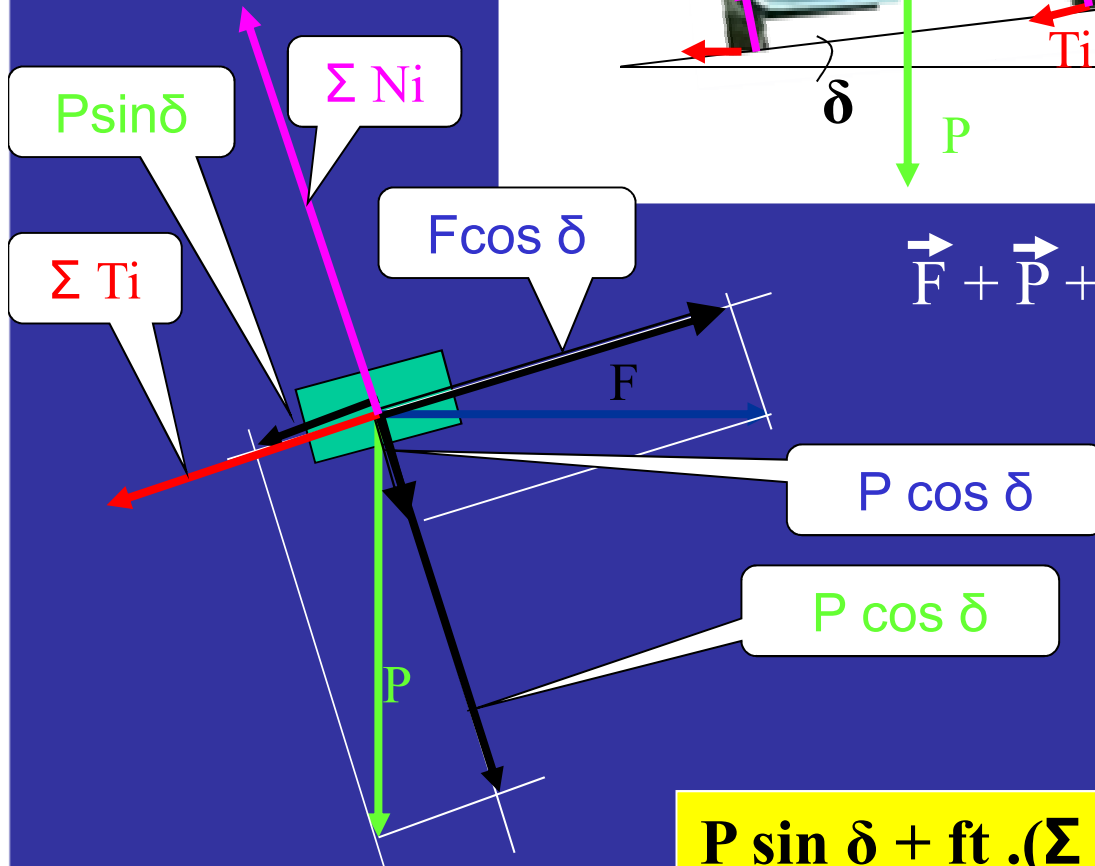
Choix du rayon des virages

Le rayon de cercle et leur dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence V_r de ne pas déraper.

Stabilité d'un véhicule au niveau d'un virage déversé



$$\vec{F} + \vec{P} + \sum \vec{N}_i + \sum \vec{T}_i = 0$$



$$\sum P_i = P$$

$$\sum T_i = \sum f_t \times P_i$$

$$P \sin \delta + f_t . (\sum P_i) = F \cos \delta = \frac{mv^2}{R} \cos \delta$$

$$P \sin \delta + f_t . (P) = \frac{mv^2}{R} \cos \delta$$

$$m v^2 / R = < mg(ft + \delta)$$

$$\text{d'où } R \geq v^2 / g(ft + \delta)$$

R : le rayon en plan (en m)

v : la vitesse (en m/s)

ft : coefficient de frottement

δ : le devers en (%)

$$\text{d'où } \underline{R \geq V^2 / (127(ft + \delta))}$$

V : la vitesse (en km/h)

Vitesse de référence en km/h	40	60	80	100	120
ft	0,25	0,16	0,13	0,11	0,10

D'où la notion des rayons minimums (normal et absolu)

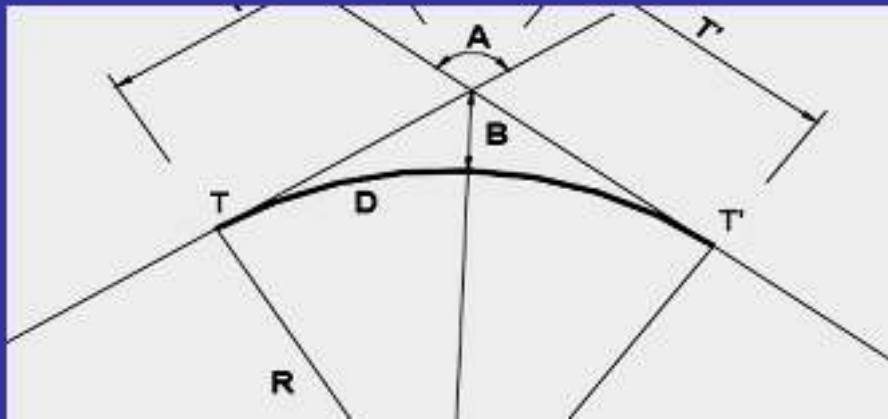
ICGRRC	Exp	1er C	2ème C	3ème C	H.C
RMN (d=4%)	1 000	500	250	125	30
RMA (d=7%)	700	350	175	75	15

- RMN : qui assure la stabilité d'un véhicule dans une courbe déversée à 4%;
- RMA : qui assure la stabilité d'un véhicule dans une courbe déversée à 7%.

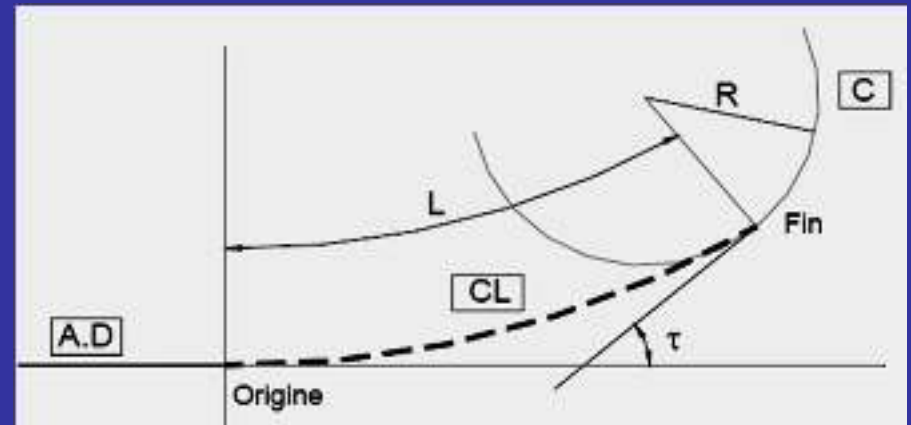
REFT	
Rayon	
Rml	75
Rmn	30
Rma	15

Courbes du TP

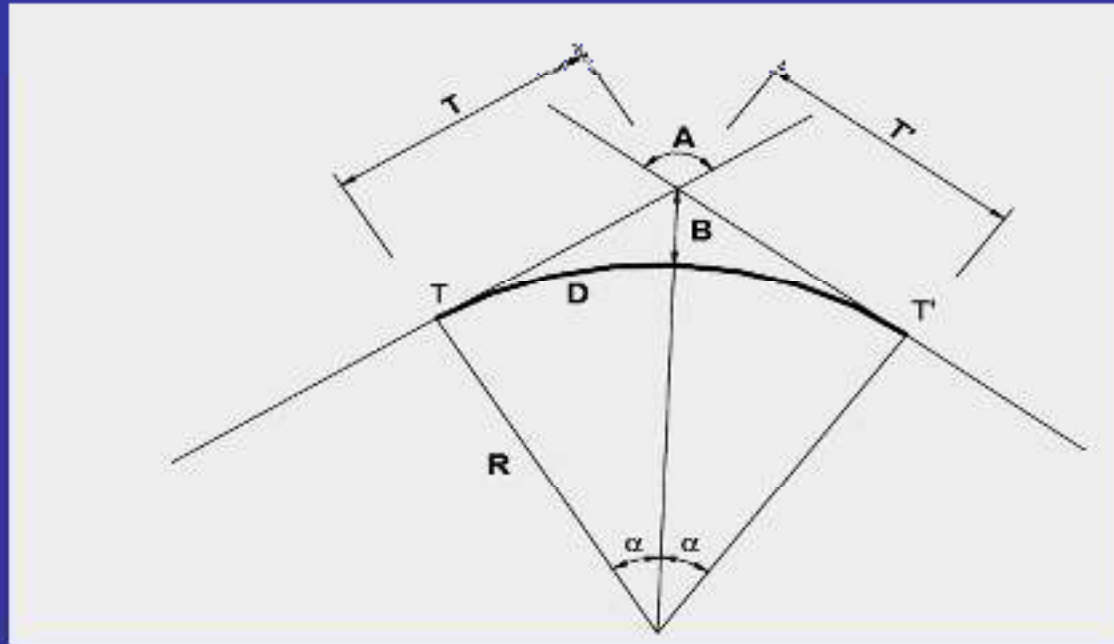
Courbe circulaire



Clothoïde



Courbes circulaires du TP



$$\alpha = \frac{200 - A}{2}$$

$$T = T' = R \operatorname{tg} \alpha$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) = \sqrt{R^2 + T^2} - R$$

$$D = \frac{\pi R \alpha}{100}$$

α et A : en grad

Exemples de calcul des ARTBD

Exemple 1 : Connaissant R et A

Rayon de courbure R : 250 m, angle A : 180 grades

$$\alpha = 10\text{grd}, T = 39,60\text{m}, B = 3,12\text{m}, D = 78,54\text{m}.$$

Exemple 2 : Connaissant R et les Gisements

Rayon de courbure R : 215 m, G1 : 89 grades, G2 : 157 grades

$$\alpha = 34\text{grd}, T = 127,15\text{ m}, B = 34,78\text{m}, D = 229,65\text{m}.$$

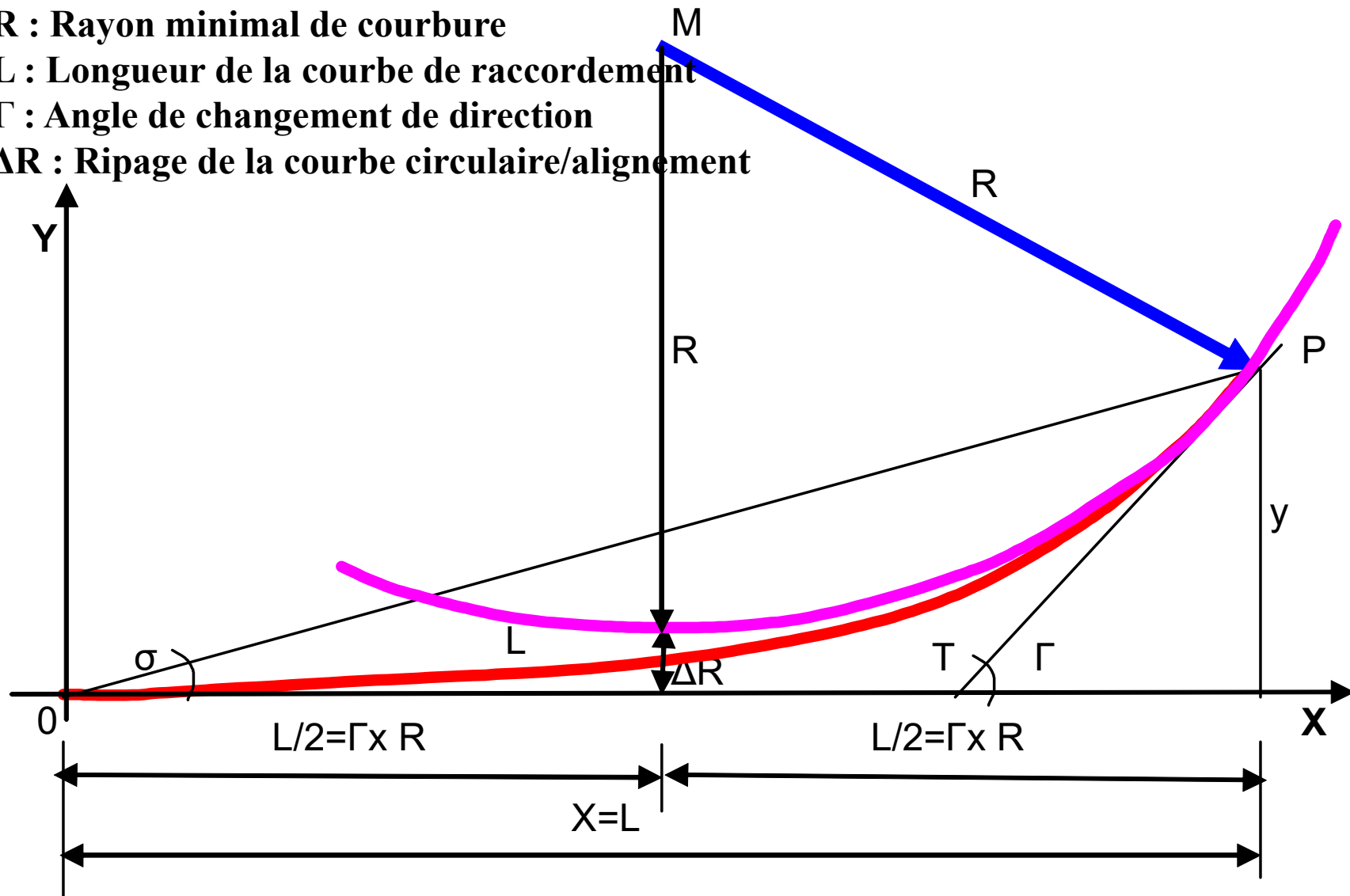
Raccordement à courbure variable

R : Rayon minimal de courbure

L : Longueur de la courbe de raccordement

Γ : Angle de changement de direction

ΔR : Ripage de la courbe circulaire/alignement



Raccordement à courbure variable

R : Rayon minimal de courbure

L : Longueur de la courbe de raccordement

A : Paramètre type

Γ : Angle de changement de direction

$$\Gamma = L / (2 \times R) = L^2 / (2 \times A^2) = A^2 / (2 \times R^2)$$

$$\Delta R = L^2 / (24 \times R)$$

$$A = \sqrt{R \times L}$$

$$y = L^2 / (6 \times R) = 4 \Delta R$$

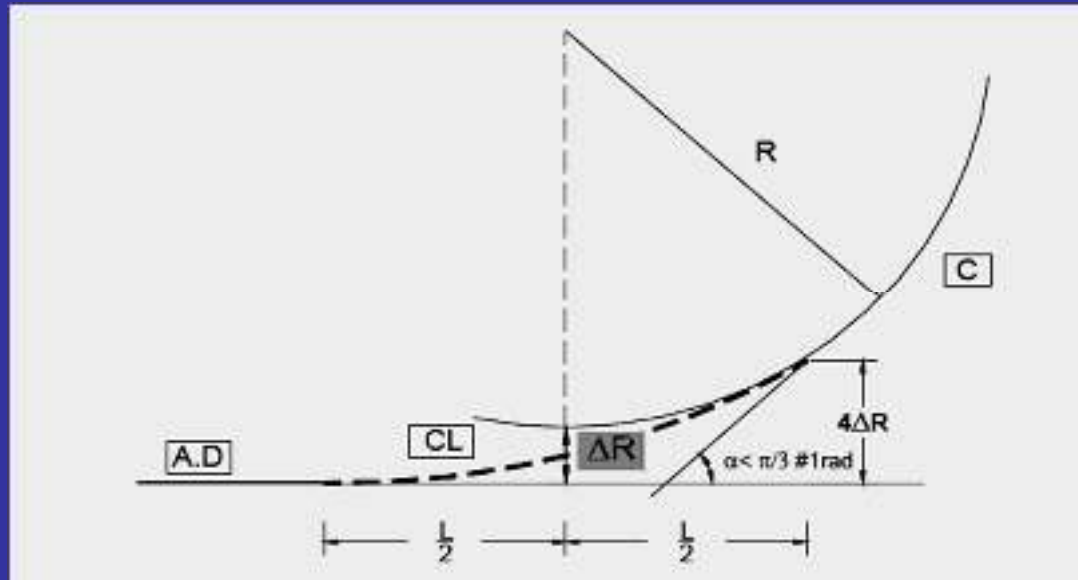
$$\mathbf{R \times L = A^2 : Constante}$$

Exemple

Rayon de courbure R : 700 m, Longueur de la courbe de raccordement L : 260 m

$$\Gamma = 0,19 \text{ rad}, \Delta R = 4,02 \text{ m}, A = 426,61 \text{ m}, y = 16,10 \text{ m}.$$

Ripage



La clothoïde se définit le déplacement du rayon R par rapport à l'A.D appelé le ripage ΔR .

Le ripage est limité à $\left\{ \begin{array}{l} 0,50 \text{ m pour les autoroutes.} \\ 0,25 \text{ m pour les autres routes} \end{array} \right.$

L'Arc de la clothoïde a les propriétés suivantes :

- il passe sensiblement au milieu de ΔR ;
- il se développe sensiblement en longueur égale de part et d'autre du point de ΔR ;
- il est unique pour un ΔR donné, associé à un R donné.

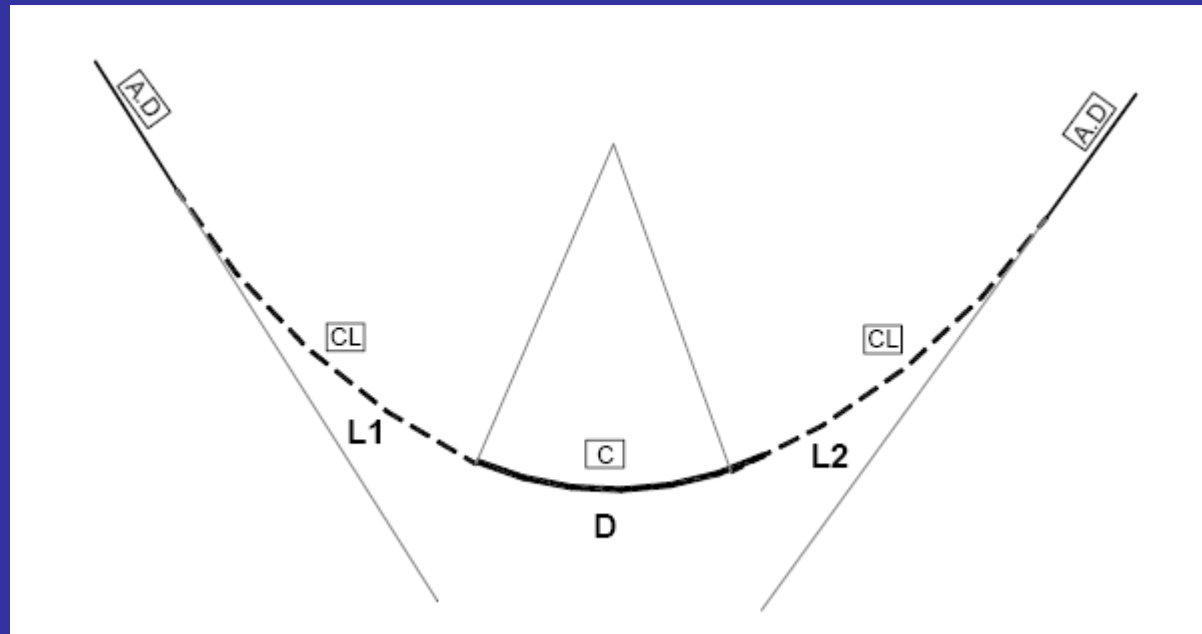
Longueur minimale de la clothoïde

$$D_{\text{cercle}} \geq \frac{L_1}{2}$$

L_1 : longueur de la clothoïde

D_{cercle} : longueur curviligne du cercle

Les Courbes à sommet sont interdites (clothoïde - clothoïde)



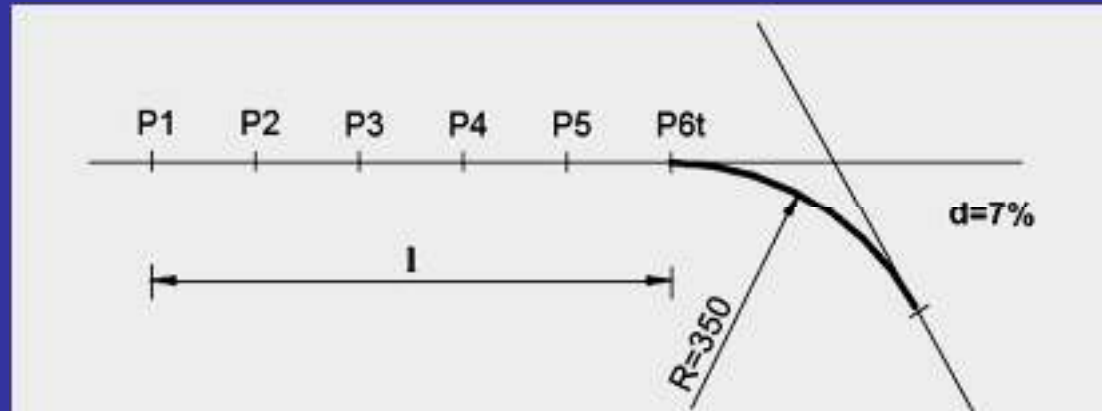
Raccordement à courbure variable

En pratique pour le Projeteur :

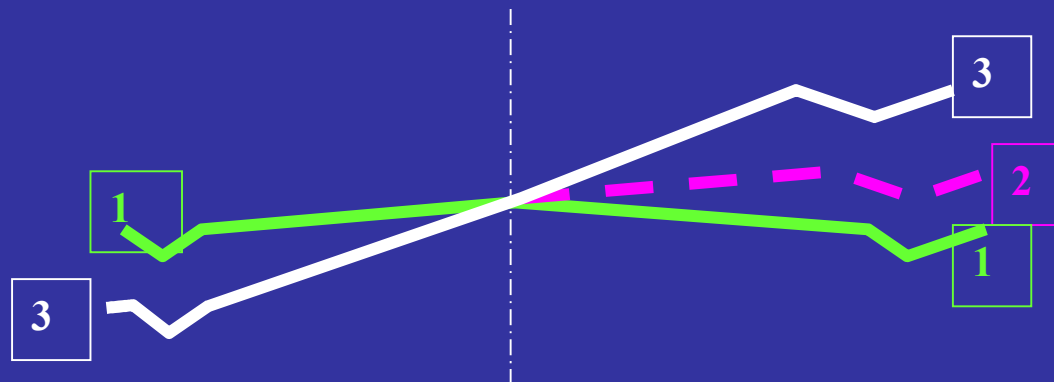
CATEGORIE	PARAMETRE TYPE « A »
Except	360 m
1ère cat	220 m
2ème cat	140 m
3ème cat	80 m
Hors cat	40 m (*)
REFT	40 m

Raccordement et devers

Passage d'un profil normal - 2,5% et 2,5% à un profil déversé 7%



Avec un taux de 2%/s ou 4%/s (3c, HC et REFT)



<u>t=0</u> P1	2.5% / -2.5%	<u>t=1s</u> P2	2.5% / -0.5%	<u>t=2s</u> P3	2.5% / 1.5%
<u>t=3s</u> P4	3.5%	<u>t=4s</u> P5	5.5%	<u>t=5s</u> P6t	7%

Longueur de raccordement

Le raccordement hors courbe circulaire en Alignement Droit ou Clothoïde

Le devers est constant en courbe circulaire

$$1s \longrightarrow 2\%$$

$$t \longrightarrow (d + 2,5)\%$$

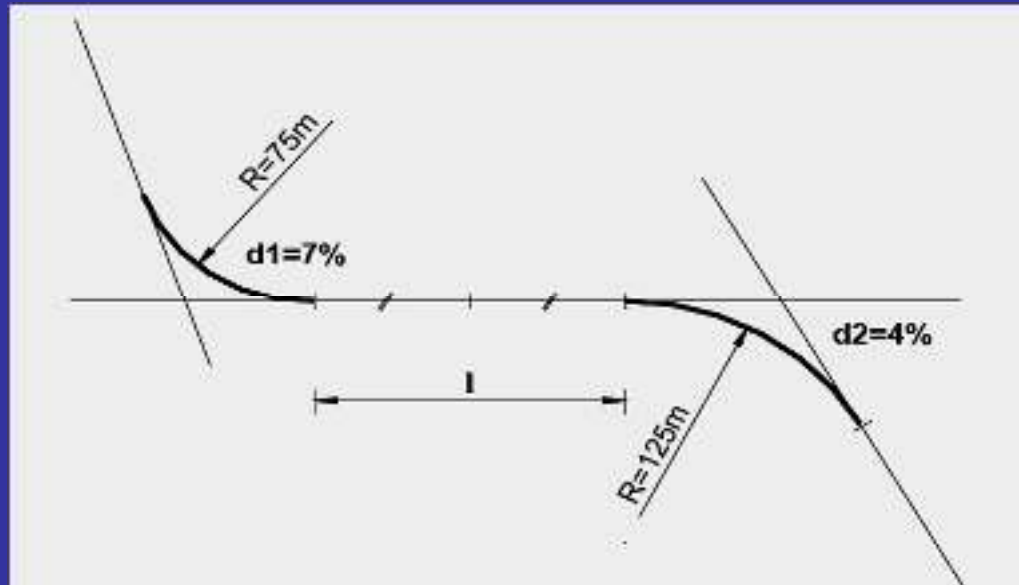
$$t = \frac{(d + 2,5)}{2}$$

$$L = V \cdot t = \frac{V \cdot (d + 2,5)}{3,6 \cdot 2}$$

$$L = \frac{V \cdot (d + 2,5)}{7,2}$$

Cas des courbes en S

Exemple : Déterminer la longueur du devers
3ème catégorie , introduction de devers de 4%/s



Détermination de la longueur du devers
3ème catégorie , introduction de devers de 4%/s

$$d1 = 7\% \quad \text{et} \quad d2 = 4\%$$

$$L1 = \frac{V \cdot d1}{3,6 \cdot 4} \quad L2 = \frac{V \cdot d2}{3,6 \cdot 4}$$

$$L = L1 + L2$$

$$L = \frac{V \cdot (d1 + d2)}{3,6 \cdot 4}$$

Règles selon les normes (ICGRRC et REFT)

Règle1 :le profil en alignement est Conservé :

Pour Cat. Exp + 1ère C Si $R > 2 R_{mn}$

2ème Cat. + 3ème C Si $R > 1,4 R_{mn}$

REFT Si $R > 75 \text{ m}$

Exceptionnelle	1ère C	2ème C	3ème C
2 000	1 000	350	175

Règle 2 :

Pour les routes de Catégorie Exceptionnelle, 1ère catégorie et 2ème catégorie, la section de raccordement dévers sera obligatoirement une courbe de raccordement à courbe progressive, sauf :

Pour les catégories exceptionnelle et première le raccordement sera en alignement droit si:

$$R \geq 1.4 R_{mn}$$

Règle 3 :

Pour les routes susceptibles d'être enneigées ou verglacées, le devers sera limité à 5 %.

Pour les routes de 3ème catégorie, il ne sera utilisé de courbes progressives que lorsque ce sera nécessaire pour respecter les conditions de variation des dévers.

Valeurs des Devers en fonction de la catégorie de la route et du rayon de courbure (en mètre) :

C.Excep		1ère C		2ème C		3ème C	
R	%	R	%	R	%	R	%
700	7 %	350	7 %	175	7 %	75	7 %
750	6 %	375	6 %	200	5,5 %	80	6,5 %
800	5,5 %	400	5,5 %	225	4,5 %	90	6 %
850	5 %	425	5 %	250	4 %	100	5 %
900	4,5 %	450	4,5 %	275	3,5 %	110	4,5 %
950	4,5 %	475	4,5 %	300	3 %	120	4 %
1000	4 %	500	4 %	325	3 %	125	4 %
1050	3,5 %	525	3,5 %	350	2,5 %	130	4 %
1100	3,5 %	550	3,5 %	>350	P.N	140	3,5 %
1150	3,5 %	575	3,5 %			150	3 %
1200	3 %	600	3 %			160	3 %
1300	3 %	625	3 %			170	2,5 %
1350	2,5 %	650	3 %			175	2,5 %
1400	2,5 %	675	2,5 %			>175	P.N
2000	2,5 %	700 à 1000	2,5 %				
> 2000	P.N	➤ 1000	P.N				

NB: PN = Profil normal + 2,50% et - 2,50%

Valeurs Intermédiaires des devers :

Les valeurs sont calculées et arrondi au plus proche à 0,5% près :

$$d = \frac{1}{0,33 \times 10^{-3} \times R - 0,092} - 0,2 \quad \text{catégorie exceptionnelle.}$$

$$d = \frac{1}{0,66 \times 10^{-3} \times R - 0,092} - 0,2 \quad \text{1ère catégorie}$$

$$d = \frac{1}{1,32 \times 10^{-3} \times R - 0,092} - 0,2 \quad \text{2ème catégorie}$$

$$d = \frac{1}{1,11 \times 10^{-3} \times R + 0,028} - 2 \quad \text{3ème catégorie}$$

Exemples de calcul des devers :

Catégorie	R (m)	d en %
Exceptionnelle	1250	3
1ère catégorie	535	3,5
2ème catégorie	240	4
3ème catégorie	85	6

Règles de continuité:

La sécurité dans la route dépend de la continuité de ses caractéristiques plus que son niveau d'aménagement.

Si $R < R_{mn}$ ou R_{ma} ► Règle de continuité.

A-Sections de même catégorie

Règle a:

□ Le rayon d'une courbe R ne peut être inférieur au R_{mn} (ou R_{ma}) que s'il est précédé, dans le sens de parcours, d'un rayon R_1 tel que :

$$R_1 < \frac{R \times R_{mn}}{R_{ma}}$$

Exemple1 :

Route 2^{ème} catégorie , $R_{mn} = 250$ m, $R_{ma} = 175$ m pour $R_1 = 200$ m il doit être encadré (route bidirectionnelle) ou précédé (route unidirectionnelle) de courbes de rayon maximal $R = 200 \times 250 / 175 = 286$ m

□ La distance entre les sommets de ces courbes doit être inférieure à celle correspondant à une minute de temps de parcours à la vitesse de base.

$$\text{Distance entre sommets} < \frac{V \times 60}{3,6}$$

(distance en m, V en Km/h)

Exemple 2 :

Pour l'exemple 1 route 2^{ème} catégorie , V= 80 km/h la distance entre sommets pour R1 = 200 m est $< 80 \times 60 / 3,6 = 1\,333$ m soit 1,333 Km

Règle b:

Après un alignement droit d'une longueur correspondant à plus de 2 mm de temps de parcours, le rayon d'une courbe doit être supérieur au Rma de la catégorie immédiatement supérieure (1500 m pour la catégorie exceptionnelle).

Exemple 3 :

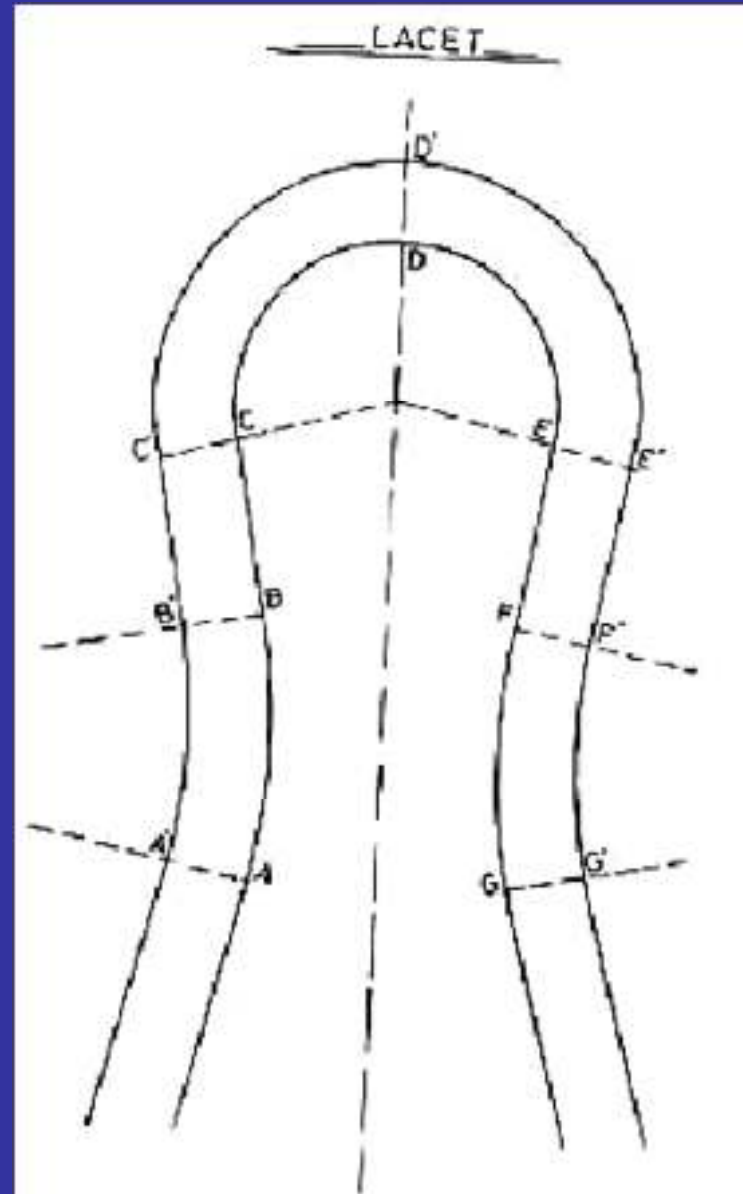
Route 2ème catégorie , $V = 80 \text{ km/h}$ la distance parcouru en 2 mn = 2,666 Km , lorsque l'alignement est $> 2,666 \text{ Km}$ le rayon rencontré doit être $>$ au Rma de la 1ère catégorie soit 350 m.

Le Lacet

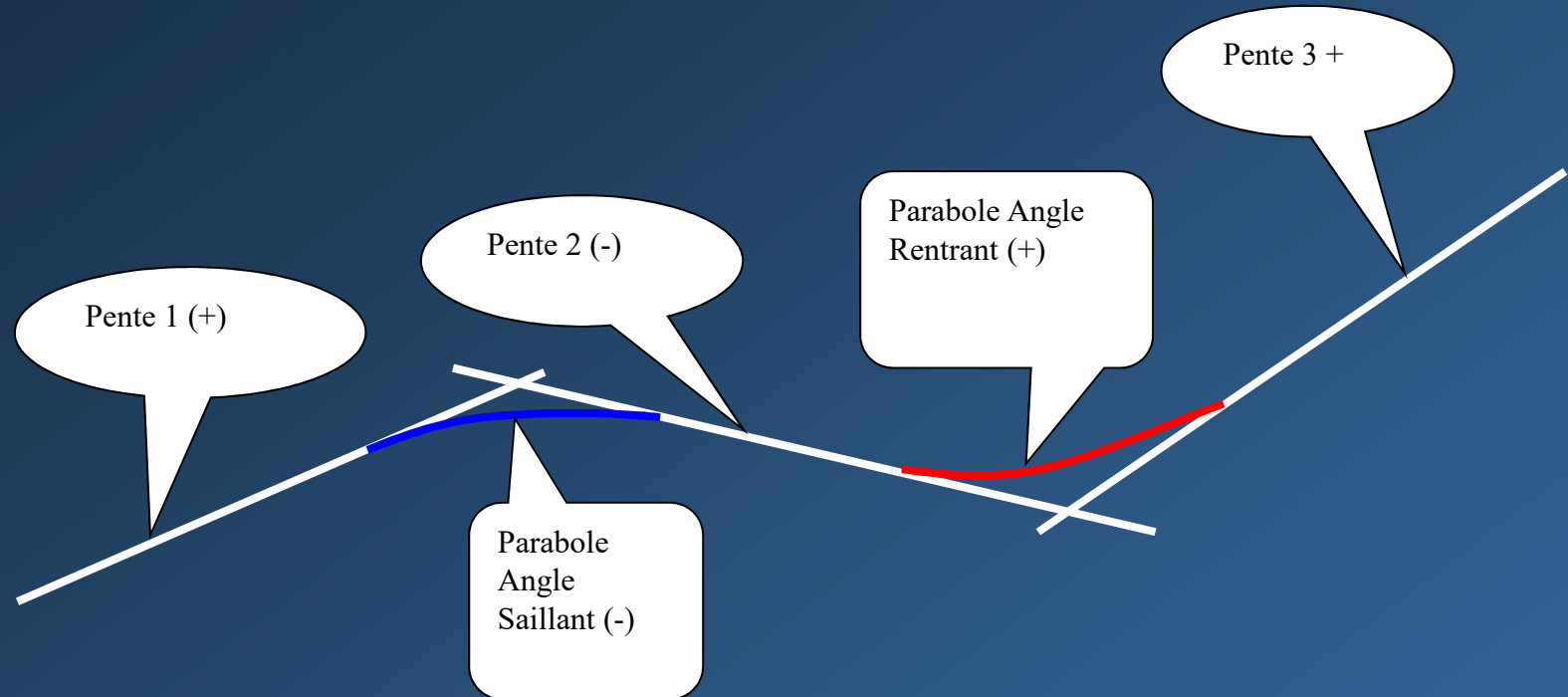
l'angle au sommet doit être inférieur à 150 gr.

un lacet se compose en principe de :

- deux éléments de courbe AB A'B' et FG F'G' dont le rayon sur l'axe est d'au moins 15 mètres.
- deux éléments droits d'au moins 20 mètres,
- une courbe CDE C'D'E' appelée tournant dont le rayon peut être abaissé à 10 m;

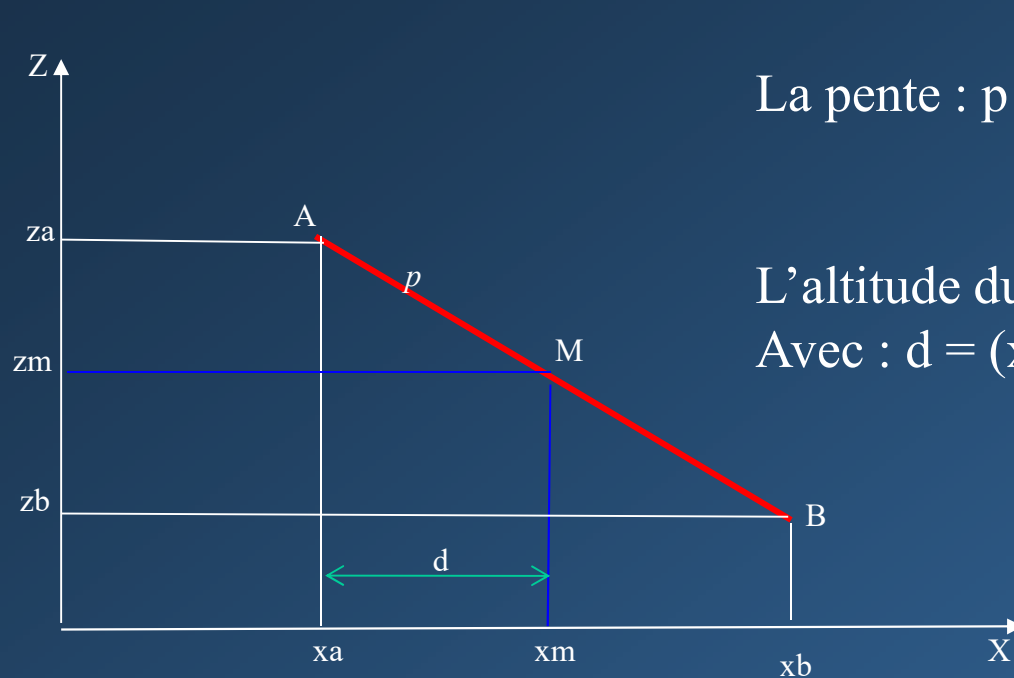


PROFIL EN LONG



Le profil en long :
pentes et rampes (déclivités)
raccordements paraboliques
Angles saillants
Angles rentrants

1) Détermination de l'altitude d'un point M sur une pente p par interpolation

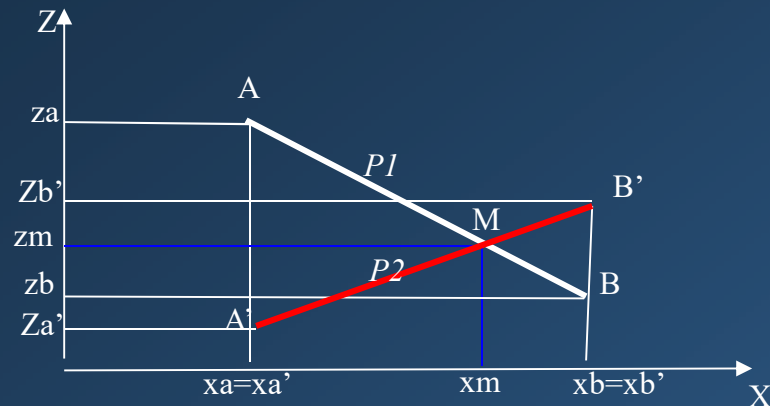


$$\text{La pente : } p = \frac{(z_b - z_a)}{(x_b - x_a)}$$

$$\text{L'altitude du point : } z_m = z_a + pd$$

Avec : $d = (x_m - x_a)$ et p prise algébriquement

2) Détermination des coordonnées d'un point d'intersection de deux pentes (point fictif)



$$P1 = \frac{(zb-za)}{(xb-xa)} \quad P2 = \frac{(zb'-za')}{(xb'-xa')}$$

Pour la droite AB : $zm = p1.(xm-xa) + za$

Pour la droite A'B' : $zm = p2.(xm-xa') + za'$

Donc $p1.(xm-xa) + za = p2.(xm-xa') + za'$

Et puisque $xa = xa'$

d'où $xm = xa + ((za-za')/(p2-p1))$

et $zm = za + p1.(xm-xa)$

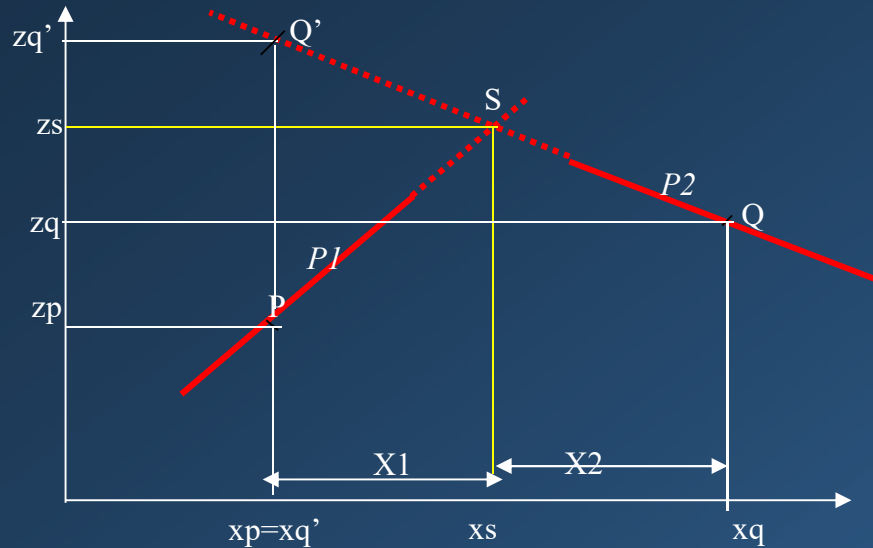
Exemple

Déterminer les coordonnées d'un point fictif M(xm, zm) ?

A(264,832) ; B(423,222) $p1 = -3,84$ et A'(264,278) ; B'(423,541) $p2 = 1,65$

$xm = 364,91$ et $zm = 444,50$

3) Détermination des coordonnées du point de concours S de deux droites successives



$$z_s = p_1(x_s - x_p) + z_p$$

$$z_s = p_2(x_s - x_{q'}) + z_{q'}$$

$$p_1(x_s - x_p) + z_p = p_2(x_s - x_{q'}) + z_{q'}$$

$$x_p = x_{q'}$$

$$(x_s - x_p) = (z_{q'} - z_p) / (p_1 - p_2)$$

$$x_s = x_p + (z_{q'} - z_p) / (p_1 - p_2)$$

$$z_{q'} = z_q - p_2 \cdot (x_q - x_p)$$

$$x_s = x_p + (z_q - p_2 \cdot (x_q - x_p) - z_p) / (p_1 - p_2)$$

$$z_s = z_p + p_1 \cdot (x_s - x_p)$$

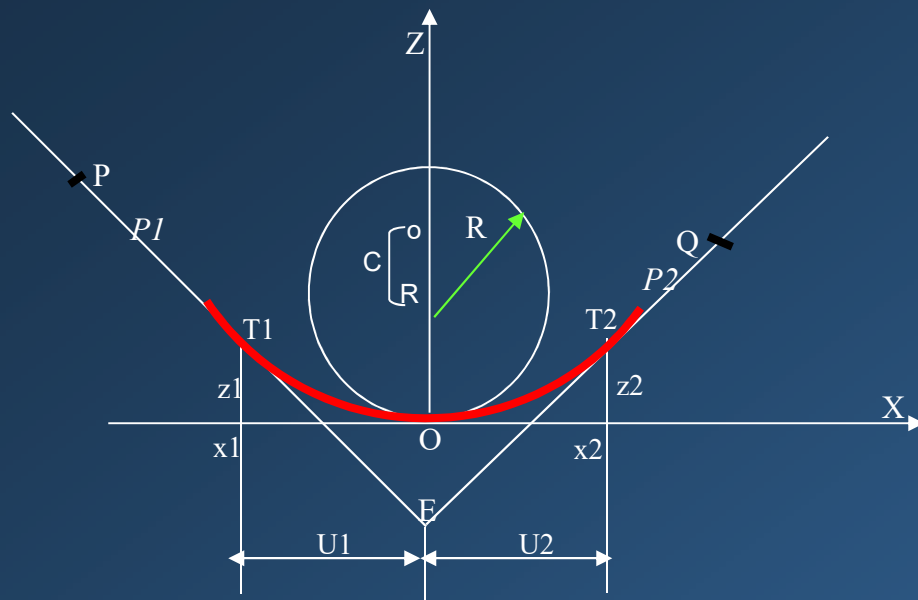
Exemple

Déterminer les coordonnées du point de concours S de deux droites successives $S(x_s, z_s)$?

$P(99, 251.05)$; $Q(1299, 247.10)$ $p_1 = 0,02$ $p_2 = -0,03$

$$z_{q'} = 283,10 \quad x_s = 740 \quad z_s = 263,87$$

4) Raccordement de rampes et pentes au moyen d'un arc de cercle ou arc de parabole



dans le repère OXZ

Cercle : $x^2 + z^2 - 2Rz = 0$

On remplace le cercle par la parabole

$x^2 - 2Rz = 0$ donc $z = x^2/2R$

Qui admet le cercle de rayon R comme cercle osculateur.

On a alors $dz/dx = x/R = p$

$p1 = x1/R$ et $p2 = x2/R$

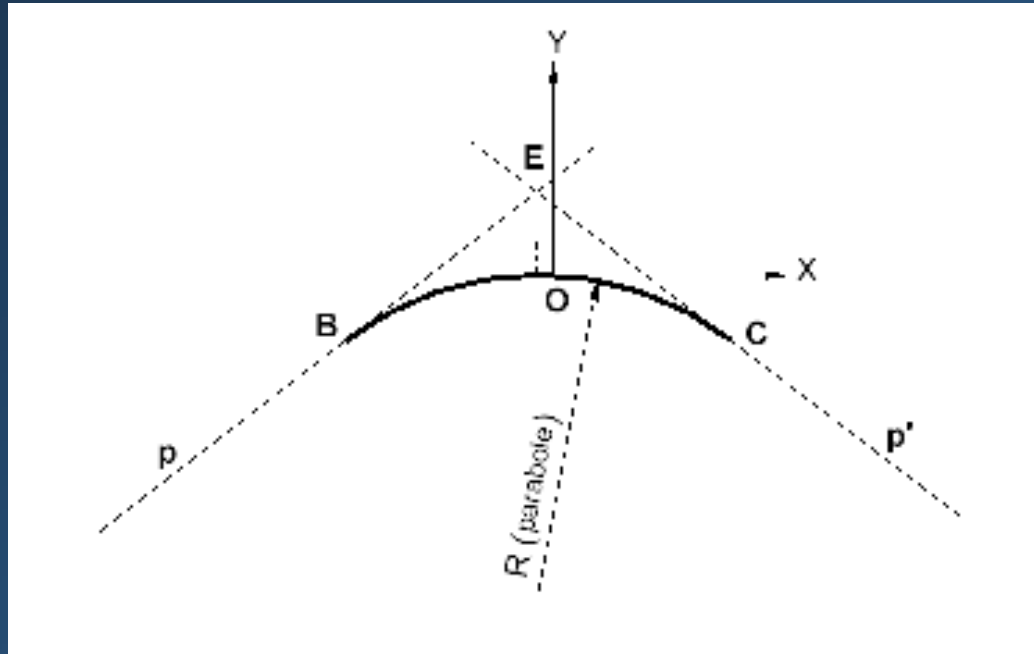
$x1 + x2 = R(p1 + p2)$

Signe des pentes Positif

$U1 = U2 = R(p1 \pm p2)/2$ on prend (+) quand les pentes sont de sens contraire et (-) quand elles sont de même sens

5) Détermination de la position d'un point sur un arc de parabole

- 1-Position de E
- 2-Position de O/E
- 3-Position de point/O



Position de O (Sommet/point de rencontre)	Position de B/O (1 ^{ère} tangente)	Position de C/O (2 ^{ème} tangente)	Position d'un point quelconque/O)
$X_o = -R(p+p')/2$	$X_B = p \times R$	$X_c = p' \times R$	$X = X$
$Y_o = -R(p \times p')/2$	$Y_B = p^2 \times R/2$	$Y_c = p'^2 \times R/2$	$Y = X^2 / (2R)$

Angles saillants

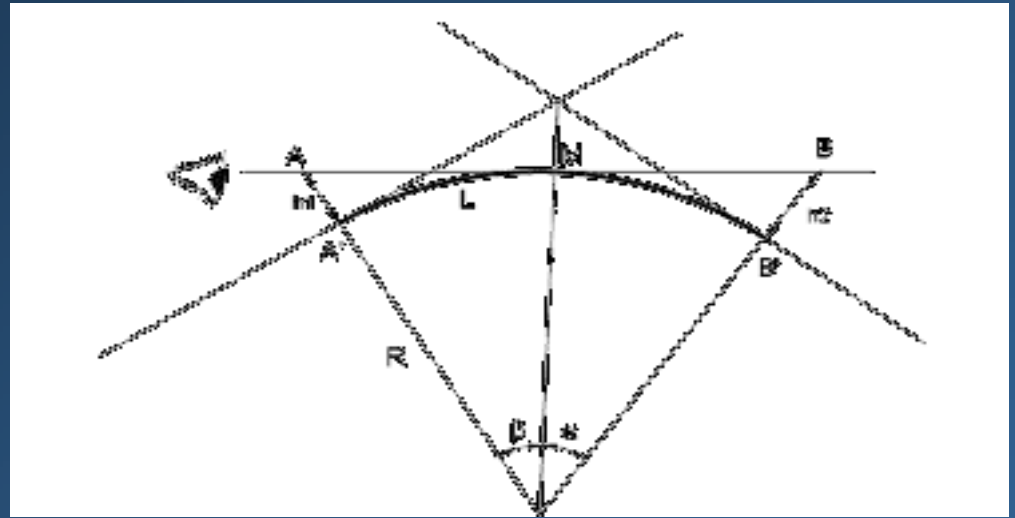
AB = Distance de visibilité (Dv)

R = Rayon de raccordement P.L.

h_1 = hauteur de l'œil du conducteur

$$h_1 = 1,10 \text{ m}$$

h_2 = hauteur de l'obstacle



$$AM^2 = (h_1 + R)^2 - R^2 = h_1(h_1 + 2R) \simeq 2 h_1 R$$

$$BM^2 = 2 h_2 R$$

$$Dv = AM + BM = \sqrt{2 R} \sqrt{h_1 + h_2}$$

$$R = \frac{Dv^2}{2 (h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 \cdot h_2})}$$

Rayons Minimum Normal et Minimum Absolu

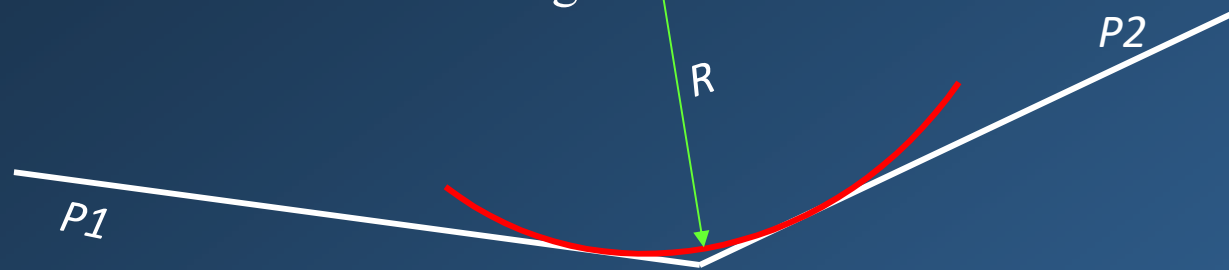
Les rayons de courbure des raccordements saillants
à la distance d'arrêt:

- * Sur obstacle sans épaisseur avec le R_{mn}
- * Sur obstacle de 0,30 m d'épaisseur avec le R_{ma}

Vb (Km/h)	R_{mn} ($h_2=0$)	R_{ma} ($h_2=0,30$)
40	-	1000
60	2000	1500
80	4000	1800
100	9000	4000
120	16000	7000

Angles rentrants

Pour des raisons de confort, la valeur du rayon est fixée de manière à limiter l'accélération normale à $g/30$



$$\gamma_N = \frac{v^2}{R} < g/30 \Rightarrow R > \frac{30 v^2}{g}$$

Avec v = vitesse en m/s = $\frac{V}{3,6}$ km/s

g : l'accélération = $9,81 \text{ m/s}^2$

d'où

$$R > \frac{30 V^2}{127}$$

Vb	Except.	1 ^{ère} C	2 ^{ème} C	3 ^{ème} C	H.C.
Rmn	4000	2500	1500	1000	500

Selon les normes ICGRRC et REFT :

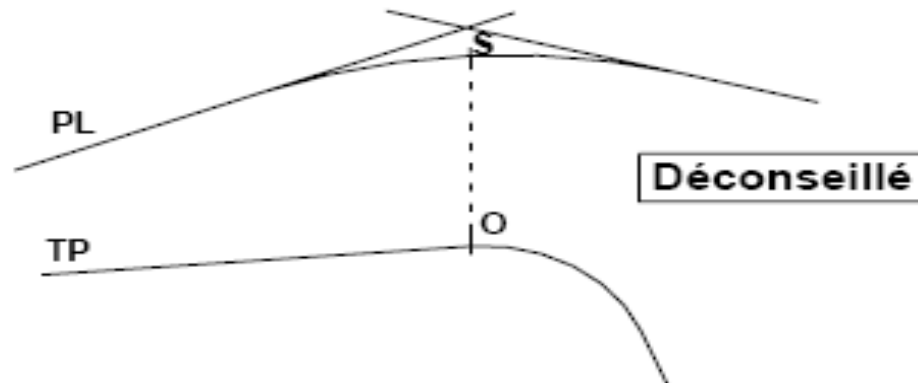
ICGRRC	Exp	1er C	2ème C	3ème C
Vitesses	120	100	80	60
Déclivité maximale	4%	4%	4%	6%
Rayon des raccordements saillants				
Minimum normal	16 000	9 000	4 000	2 000
Minimum absolu	7 000	4 000	1 800	1 500
Rayon des raccordements rentrants				
Minimum unique	4 000	2 500	1 500	1 000

REFT	
Vitesse	40
Déclivité maximale	
Maximum normal	7%
Maximum absolu	12%
Raccordement en angle saillant	
Minimum normal	1 000
Raccordement en angle rentrant	
Minimum unique	500

Coordination du tracé en Plan et du Profil en Long

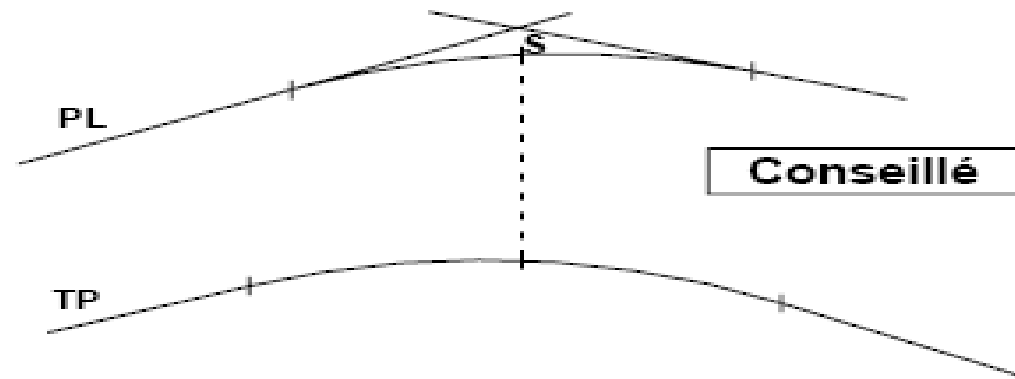
En angle saillant

- **Règle** : Il ne faut pas coïncider le sommet de la parabole (PL) avec l'origine de la courbe en TP.
- **Objectif** : Eviter que le virage soit masqué par le sommet de la parabole.



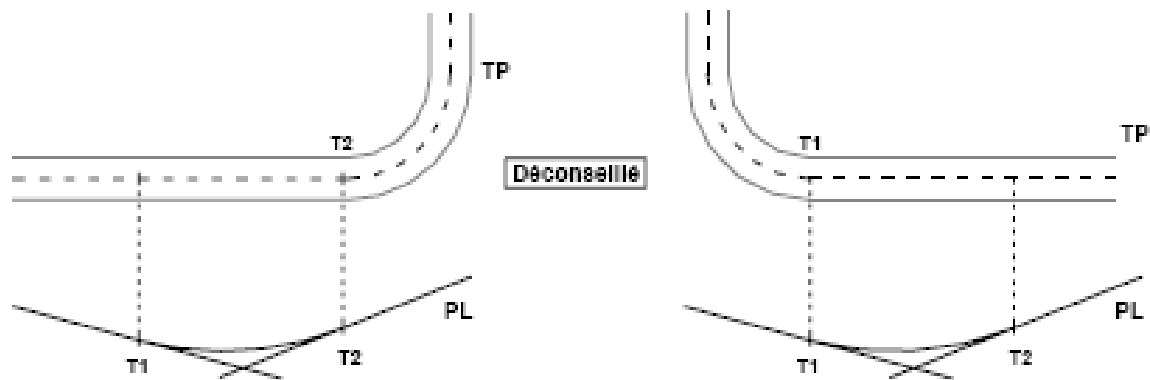
• Remèdes :

1 : Coïncider la courbe en plan avec celle du PL dans la mesure du possible.

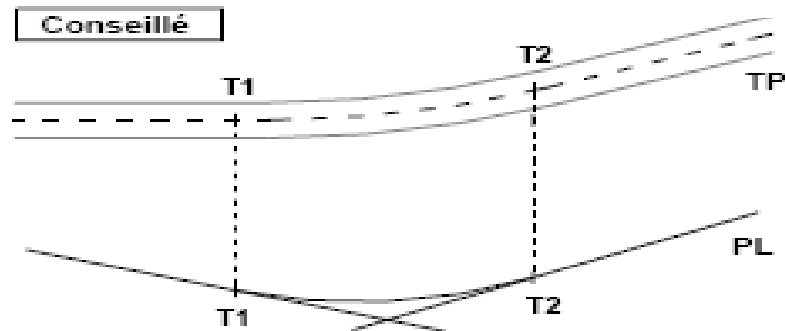


2 : Introduire une clothoïde pour changer l'origine de la courbe en TP.

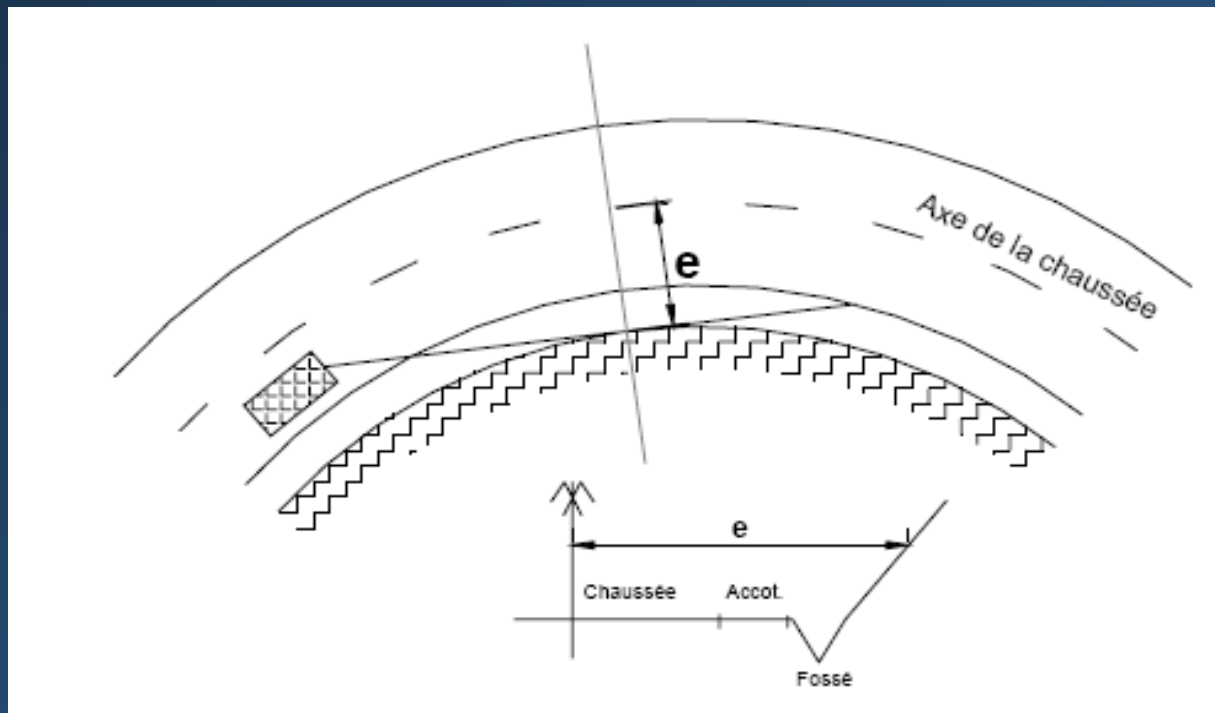
En angle rentrant



T1 et T2 représentent les points de tangente entre les alignements droits et des arcs de cercle ou de clothoïde.



Visibilité à l'intérieur d'un virage



Dégagement de la visibilité :

$$e = \frac{(da)^2}{8 R}$$

Avec : da = distance d'arrêt

e = distance du talus à l'axe de la chaussée
(flèche)

Pour attention diffuse :

Catégorie	Excep.	1 ^{ère} C	2 ^{ème} C	3 ^{ème} C	H.C
Flèche $\bullet$	$\frac{4608}{R}$	$\frac{2450}{R}$	$\frac{1152}{R}$	$\frac{450}{R}$	$\frac{128}{R}$

4^{ème} Règle : Perte de tracé

Perte de tracé : lorsque l'usager perd de vue la route sur une certaine longueur, et voit la section suivante (en TP et PL)

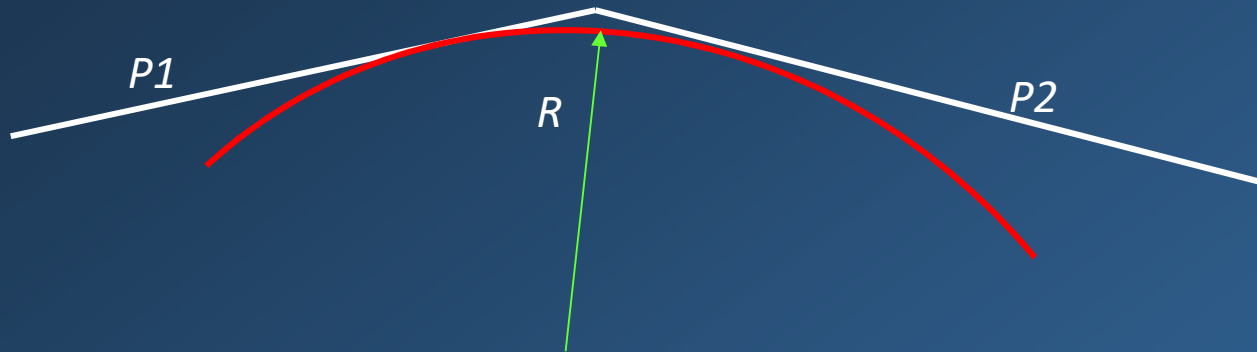
Les **pertes de tracé** en alignement droit, et/ou donnant l'illusion de l'A.D (alignements droits séparés par des courbes masqués) sont **interdites**.

A moins que la **distance de visibilité** en tout point soit ≥ 500 m.

5^{ème} Règle : Routes Hors Catégories

Il y a lieu d'assurer la continuité des caractéristiques des routes Hors Catégories selon l'esprit des dispositions des 4 règles ci-dessus.

Selon les normes :

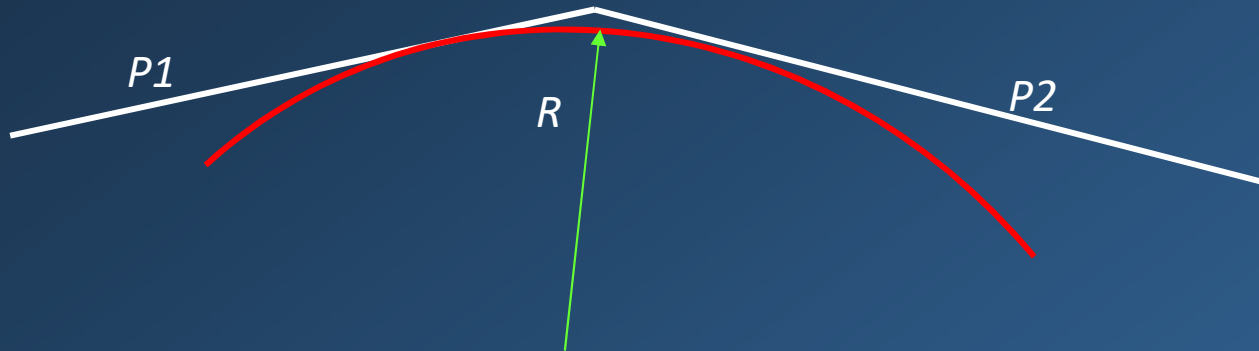


R ne peut être $< Mmn$ que si $p1$ et $p2 \geq 2\%$

Selon les normes :

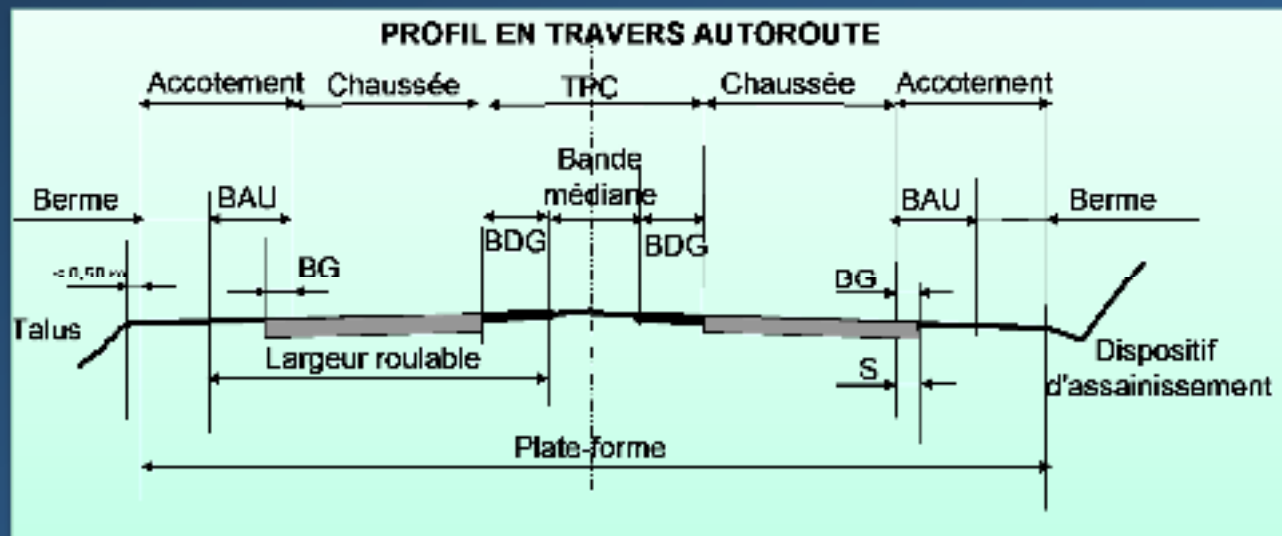
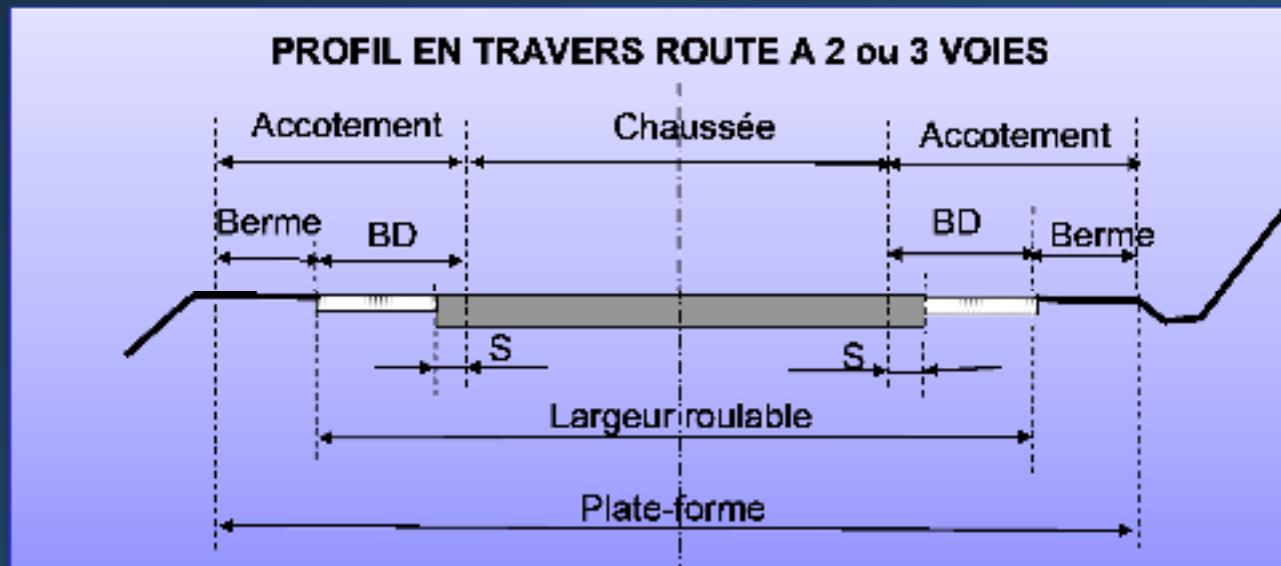
CATEGORIE	CHANGEMENT DE DECLIVITE LIMITE Δq ASSURANT LA VISIBILITE AU DEPASSEMENT
Exceptionnelle	3 %
1ère	2,0 %
2ème	1,5 %
3ème	1 %

Selon les normes :



Δq	RV
$\geq 0,8$	28 000 m
$= 0,7$	26 000 m
$= 0,6$	22 000 m
$= 0,5$	12 000 m
$= 0,46$	4 000 m
0,44	0

Selon les normes :

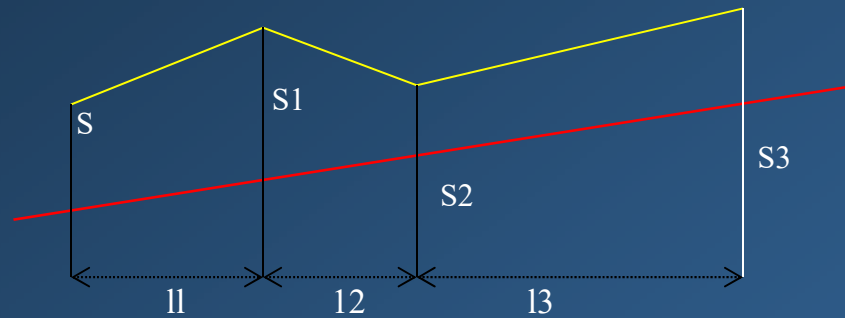


Selon les normes :

TYPE DE CHAUSSEE		LARGEUR NORMALE D'ACCOTEMENTS
Chaussées Bidirectionnelles	2 m	1 m
	4 m	2,00 m
	6 m	2,00 m
	7 m et plus	2,50 m
Chaussées Unidirectionnelles	5 m	1,50 m
	7 m et plus	2,50 m

Selon les normes :

***A) MÉTHODE DE LA MOYENNE DES AIRES
(MÉTHODE PROFIL EN TRAVERS)***



$$V = S \times \frac{l}{2} + S_1 \times \frac{l + l_1}{2} + S_2 \times \frac{l_1 + l_2}{2} + S_3 \times \frac{l_2 + l_3}{2} + S_4 \times \frac{l_3 + l_4}{2} \dots$$

N° du profil (1)	Distance entre les profils (2)	Longueurs auxquelles s'appliquent les profils (3)	Déblais				Remblai				Indication sommaire des calculs particulier s à certains profils
			Surface			Cub e	Surface			Cube	OBSERVA TIONS
			A droite de l'axe (4)	A gauche de l'axe (5)	Total e par profil (6)	(7)	A droite de l'axe (8)	A gauche de l'axe (9)	Total e par profil (10)	(11)	(12)
1		5.16			3.07	16			0.43	2	
	10.32										
PF		13.50									
	16.68										
2		32.84									
	49										
3		24.5									

METHODOLOGIE DE TRACE ROUTIER

Etape 1 : Choix de la catégorie

Etape 2 : Tracé en Plan

- Tracer la route sous forme d'une série de segments aussi parallèles que possible aux courbes de niveau pour minimiser les terrassements.
- Franchir les obstacles d'une façon économique.
- Numéroter les sommets et déterminer les angles.
- Choisir les rayons.
- Calculer les A, R, T, B, D.
- Reporter les points de tangente si c'est faisable, sinon réduire le rayon
- Si $R < R_{mn}$ (ou R_{ma}), vérifier les règles de continuité.

- Vérifier pour chaque virage la nécessité d'introduire un devers en fonction du rayon et le déterminer (tableau ou formule).
- Calculer la longueur L d'introduction progressive du devers à l'aide de la condition de gauchissement (2% ou 4% de temps de parcours).
- Vérifier la faisabilité. (c-à-d $L < L_{\text{alignement}}$)
- Sinon, introduire une clothoïde :

Faire attention aux devers :

Si les 2 devers sont de même sens, il faut retrancher ;

Si les 2 devers sont de sens contraire ou en toit, il faut ajouter.

- Noter pour chaque virage les paramètres nécessaires :
Arc de cercle sans clothoïde : A, R, T, B, D.
Arc de cercle avec clothoïde : A, L, D, B, A.
Avec : A : paramètres de clothoïde
L : longueur de la clothoïde
D : développement de cercle + les deux clothoïdes éventuellement
- Vérifier si des surlargeurs sont nécessaires (si $R < 250\text{m}$).
- Vérifier la visibilité dans les courbes.

Etape 3 : Profil en Long

- En suivant l'axe du tracé en plan, on relève les côtes et distances partielles au moins des points (qu'on numérote) correspondant à :
Début et fin du tracé.
Changement de déclivité du terrain naturel.
Tangentes et sommets des courbes.
Points de rencontre du tracé en plan avec d'autres routes et obstacles.
- Tracer la cartouche.
- Reporter les alignements et courbes en tracé en plan sur la cartouche.
- Reporter le terrain naturel (côtes et distances partielles) en choisissant une échelle (par exemple 1/100 en z et 1/1000 en s) et un plan de comparaison.

- Choisir la ligne rouge (série de segments de droites) qui doit passer par le point de début et celui de fin de projet en respectant :
 - La déclivité maximale et déclivité minimale ;
 - Le changement de déclivité maximale ;
 - L'équilibre déblais - remblais dans la mesure du possible ;
 - La coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Reporter les points suivants :
 - Points fictifs (intersection du terrain naturel avec la ligne rouge)
 - Points de tangence des angles du PL
 - Sommets
- Reporter les abscisses des points de tangence par rapport au sommet au niveau des angles.
- Localiser les points qui correspondent à des ouvrages d'assainissement.

Etape 4 : Profils en travers

- Relever les cotes du TN pour l'axe et les extrémités de la plateforme et deux points éventuellement.
- Dessiner les profils en travers qui correspondent :
Aux points qui figurent au profil en long en utilisant les profils en travers types
- Calculer pour chaque PT la surface des déblais et la surface des remblais (à noter à côté de u profil en travers (SD et SR) ainsi que le plan de comparaison choisi)

Etape 5 : Calcul des cubatures

- Par la méthode de Gulden

Etape 6 : Dimensionnement des ouvrages d'assainissement

- Délimitation des bassins versants.
- Détermination des paramètres des formules de calcul de débit.
- Calcul du débit critique.
- Calcul des sections.

Etape 7 : Dimensionnement de la structure de chaussée

- Utilisation du catalogue des structures types des chaussées neuves (édition 1995 révisée)

Etape 8 : Estimation du coût du projet