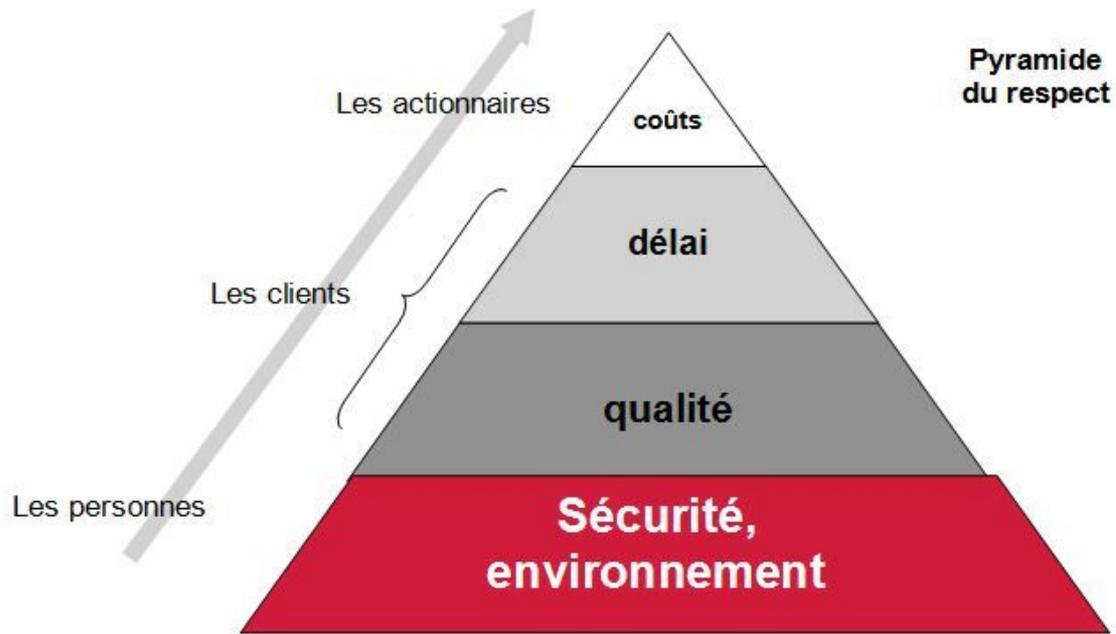
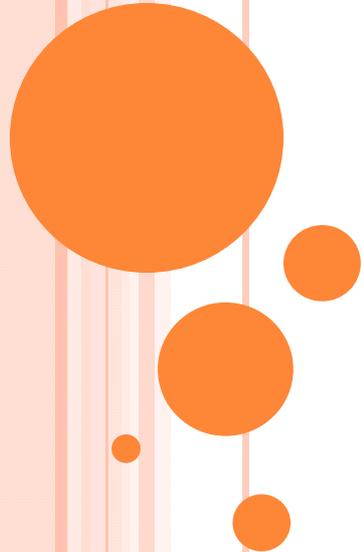


LES ROUTES 1

Tracé routier



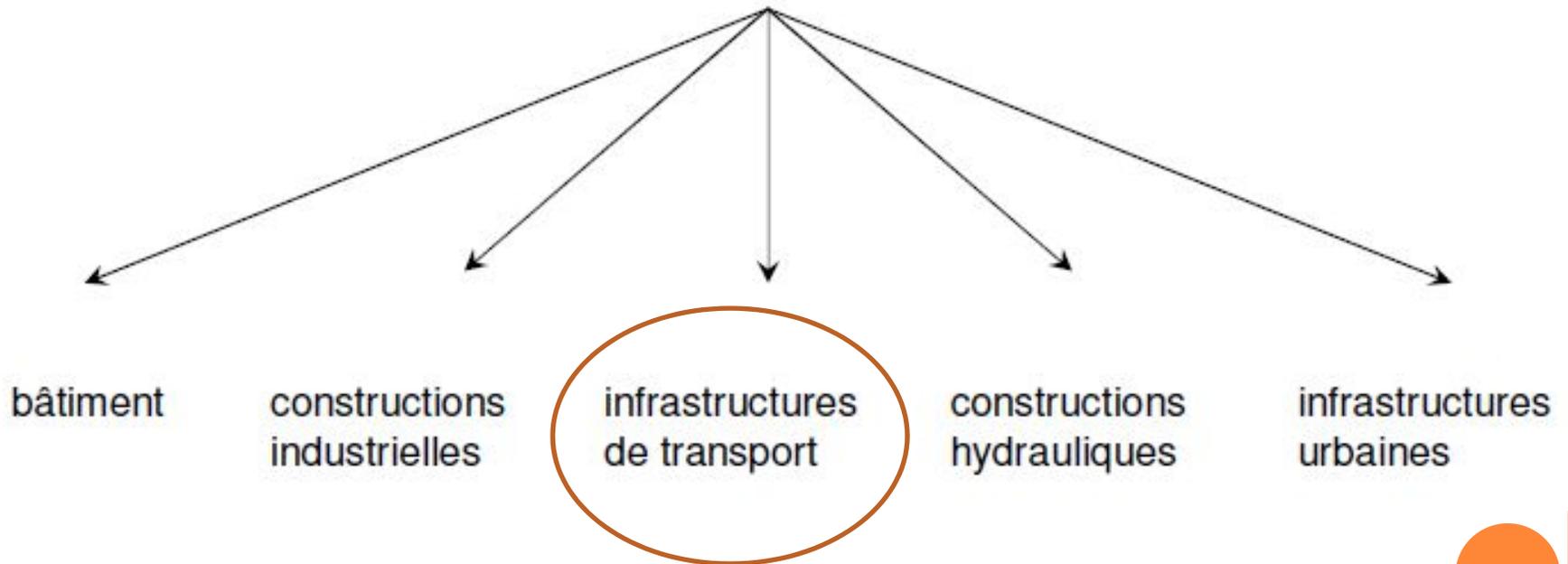
SOMMAIRE

- I. Histoire des routes
- II. Terminologie
- III. Critères intervenants dans la conception des routes
- IV. Conception d'une route
 - Cartographie
 - Choix du couloir
 - Tracé en plan
 - Profil en travers
 - Profil en long
- V. Structure de chaussée

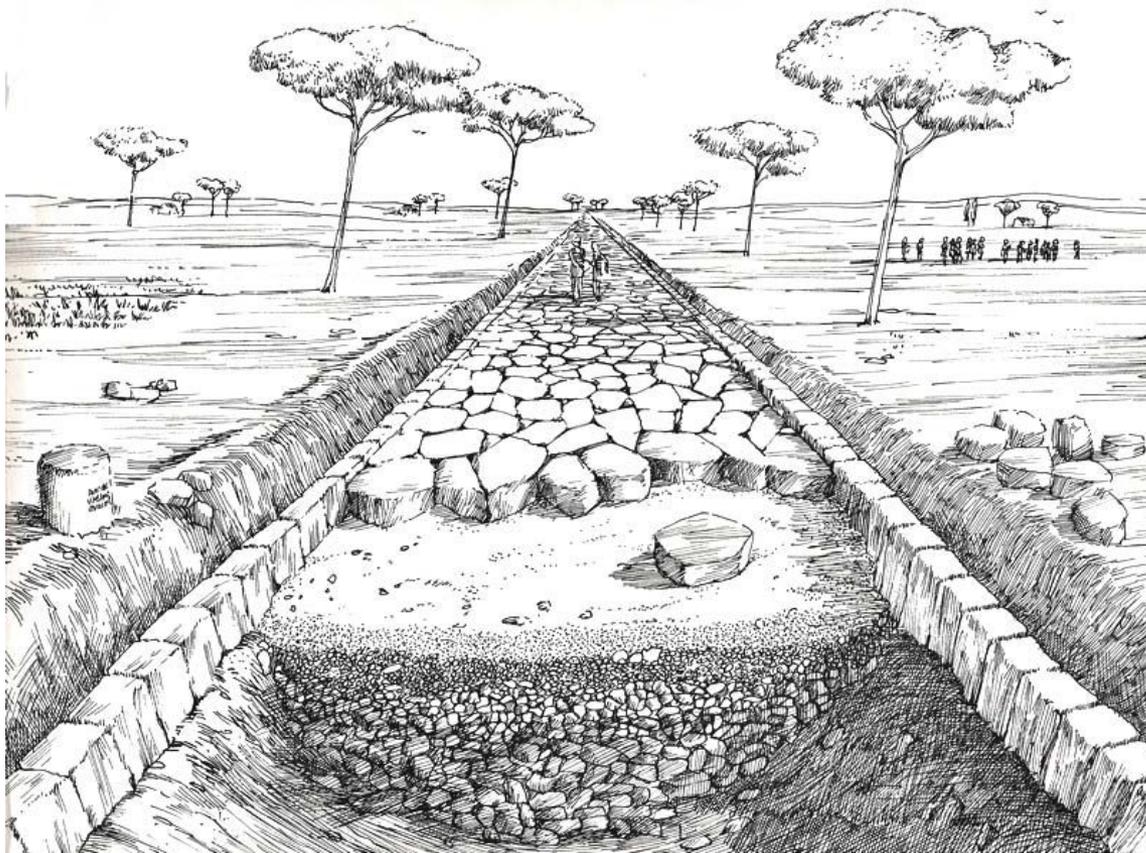


DOMAINES DU GÉNIE CIVIL

Les domaines d'application du *génie civil* sont très vaste ; il englobe :



I- HISTOIRE DES ROUTES



A QUOI PENSAIT L'INGÉNIEUR DE CETTE ÉPOQUE ?



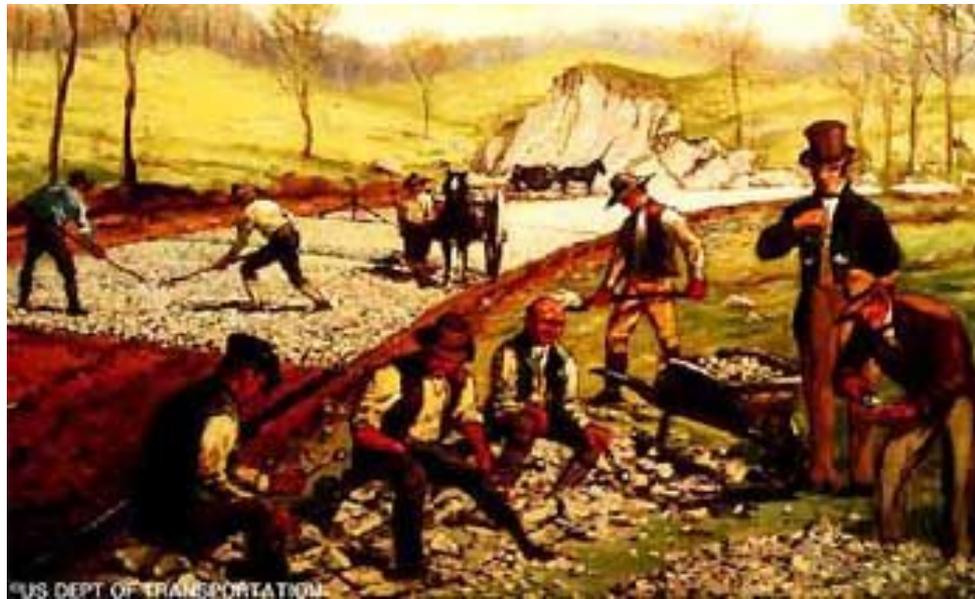
I- HISTOIRE DES ROUTES

- **Ces grandes voies romaines se reconnaissent :**
 - **A leur tracé souvent rectiligne,**
 - **A leur chaussée plus ou moins épaisse suivant la solidité du sol naturel**
 - **A leurs multiples ouvrages d'art, ponts ou ponceaux, en pierre de taille**
 - **A leurs bornes milliaires plantées tous les milles romains**
 - **Aux arcs de triomphe, portes ou monuments**



I- HISTOIRE DES ROUTES

- **A partir des années 1815 :**
 - **Utilisation de matériaux concassés à la main, au lieu des pierres lourdes couteuses**
 - **Utilisation d'un mélange de gravettes + sable + eau**
 - **Compactage par passage de véhicules**



I- HISTOIRE DES ROUTES

○ **Naissance des autoroutes**

- La nécessité de rendre les communications routières toujours plus rapides
- Routes confortables et sûres
- Route comportant deux chaussées séparées

- **En 1924, construction de la première véritable autoroute en Italie**



I- HISTOIRE DES ROUTES

- **Matériaux**
- **Compactage**
- **Drainage**
- **Assainissement**

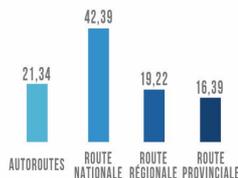


○ Travaux routiers :

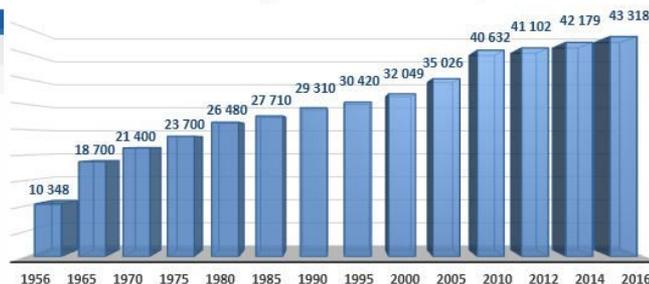
- Renforcement, élargissement et réhabilitation du réseau existant
- Entretien des routes existantes (Préventif et Correctif)
- Construction de nouvelles routes
 - Urbaines
 - Autoroutes
 - Rase campagne

CIRCULATION EN MILLIONS DE VEH.KM/J.

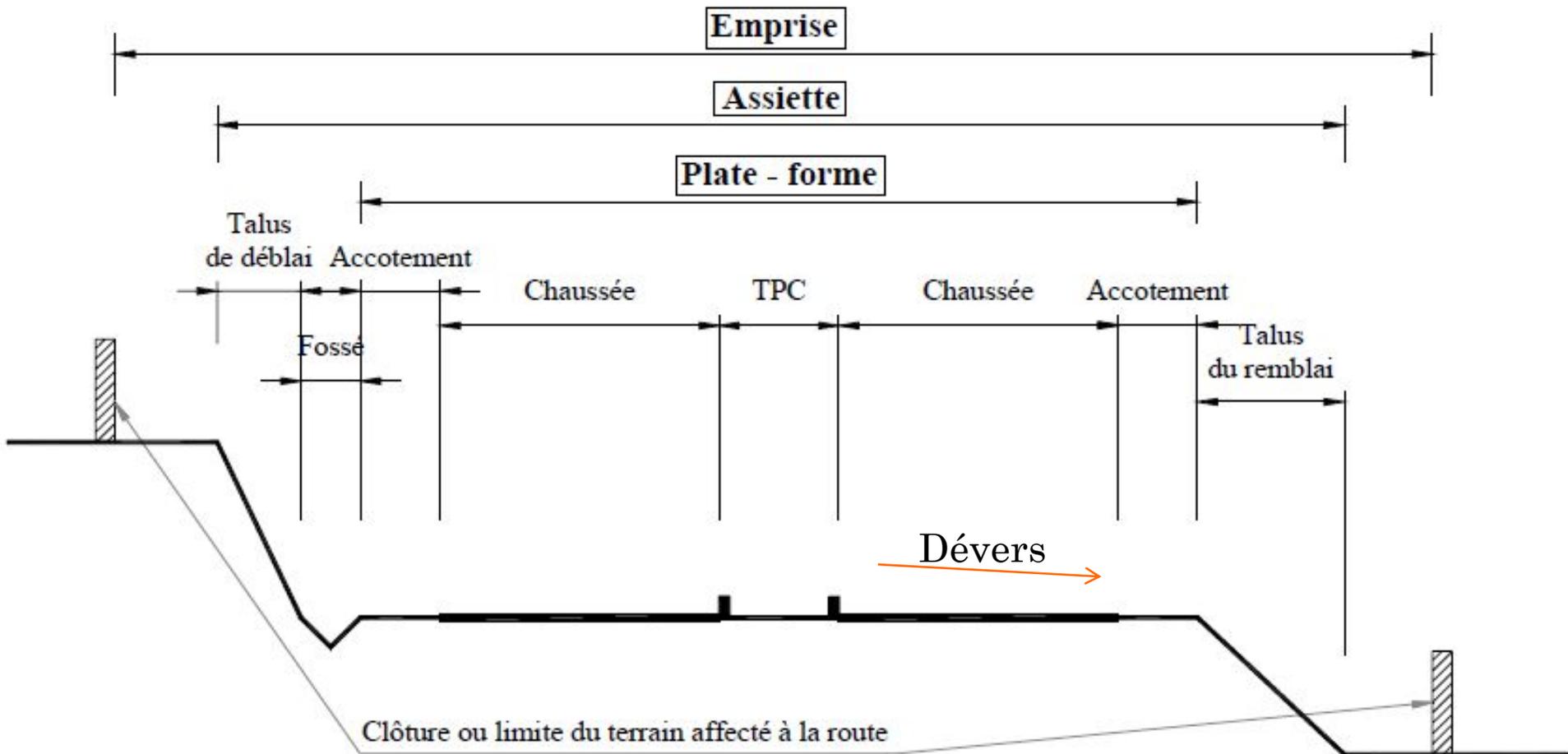
AUTORUTES	R. NATIONALE	R. REGIONALE	R. PROVINCIALE	TOTAL
21,34	42,39	19,22	16,39	99,35
21,49%	42,67%	19,34%	16,50%	100%



Evolution de la longueur du réseau revêtu depuis 1956



III- TERMINOLOGIE



III- TERMINOLOGIE

- **Chaussée** : C'est la surface revêtue de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules
- **Accotements** : Deux bandes latérales qui encadrent la chaussée
- **Plateforme** : C'est l'ensemble : chaussée + accotements



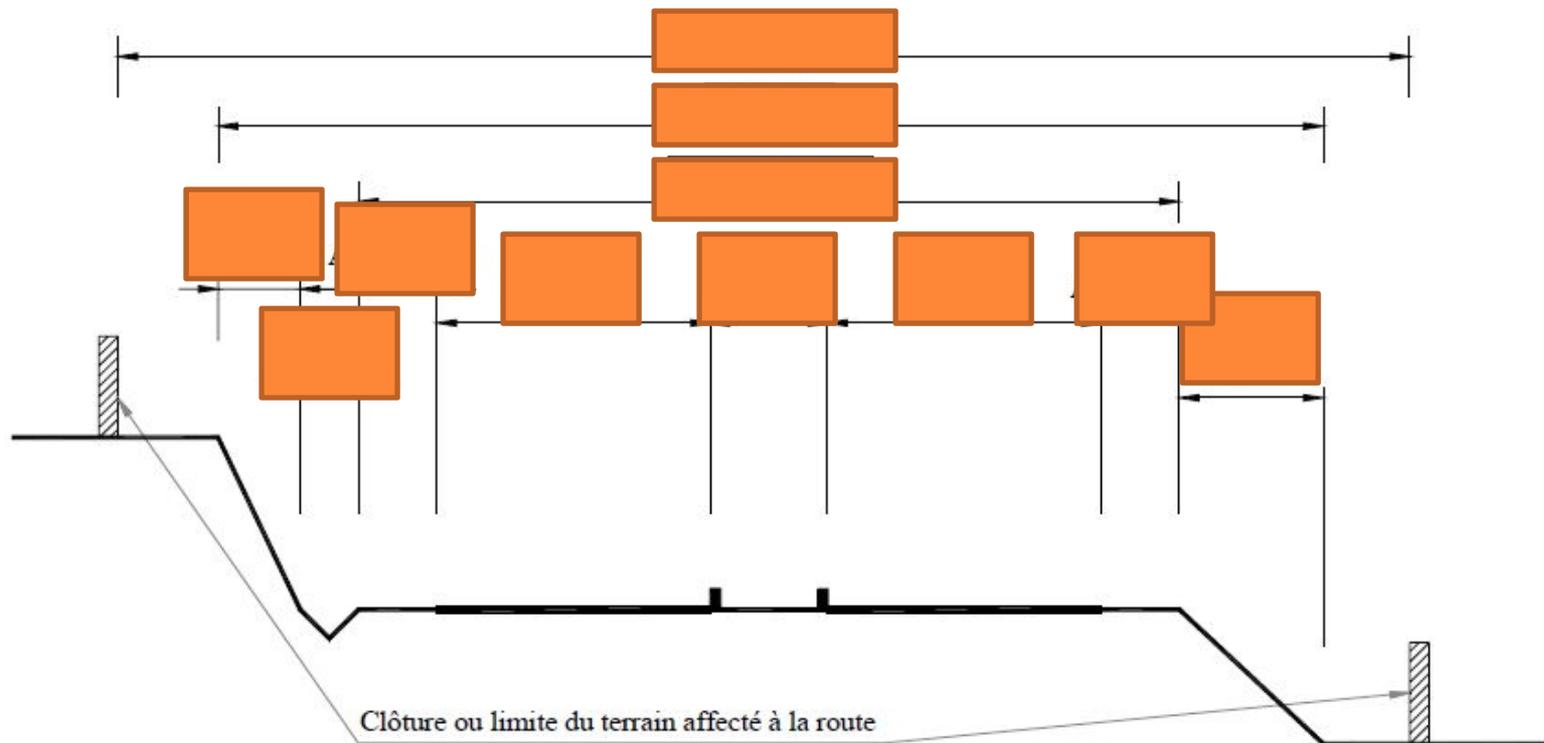
III- TERMINOLOGIE

- **Fossés** : Ce sont les excavations aménagées de part et d'autre de la plateforme. Ils sont destinés à assainir la plateforme
- **Devers** : C'est l'inclinaison transversale de la route en alignement droit. Il est destiné à évacuer les eaux superficielles et compenser la force centrifuge
- **Assiette** : C'est la surface du terrain réellement occupée par la route et ses annexes.



III- TERMINOLOGIE

- **Emprise** : C'est la partie du terrain affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

- **Problématiques contemporaines des réseaux routiers**
 - **La sécurité routière**
 - **Le financement des nouveaux projets**
 - **Entretien des routes**
 - **Ouvrages hydrauliques**



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

- Les critères de base qui guident pour le choix des caractéristiques techniques:
 - La fonction de la route : => classification ;
 - Le trafic ;
 - L'environnement de la route : (Topo, Géologie, hydrologie,...).



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

13 mars 2019

- **Etude économique, uniformisation des routes → Catégories de routes :**

Catégorie	Exceptionnelle	1 ^{ère} Catégorie	2 ^{ème} Catégorie	3 ^{ème} Catégorie	Hors Catégorie
Vb (Km/h)	120	100	80	60	40



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

○ Le trafic

Capacités pratiques de route

Ces valeurs sont valables pour des sections en rase campagne, hors zones de carrefour et pour des régions relativement plates.

<i>Type de voie</i>	<i>Seuil de gêne</i>	<i>Seuil de saturation</i>
2 voies	8 500	15 000
3 voies	12 000	20 000
2 x 2 voies	25 000	45 000
2 x 3 voies	40 000	65 000

unité: UVP / jour



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

○ **Les études de trafic**

- la définition du réseau (inventaire des flux de trafic concernés, directement ou indirectement, et tout itinéraire susceptible d'être emprunté)
- l'analyse des trafics existants (étudier pour chaque tronçon les conséquences de l'augmentation de trafic)
- la détermination des conditions de circulation (confort : fluidité de circulation, sécurité ...) et économique : temps de parcours, consommation ...)
- L'appréciation de l'évolution des trafics
- l'affectation des trafics (répartir les courants de circulation sur les itinéraires parallèles)



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

○ **Les études d'environnement**

- L'eau
- Faune, flore
- Impact sur la santé
- Le bruit



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

○ **Les études d'urbanisme**

- l'affectation des zones à l'intérieur du périmètre d'étude :
 - zone d'activités économiques,
 - zones commerciales,
 - zones d'habitat

➔ d'étudier l'impact de l'infrastructure sur le développement des zones concernées.



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

○ **Les études géotechniques**

- coût de réalisation des terrassements,
- traitements éventuels,
- nécessité de recourir aux matériaux d'apport ...

➔ Le résultat de ces études sera pris en compte pour la comparaison des variantes.



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

- **Les études hydrauliques**

- *Inventorier les écoulements d'eau*

➔ Ces études détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.



IV- CRITÈRES INTERVENANTS DANS LA CONCEPTION DES ROUTES

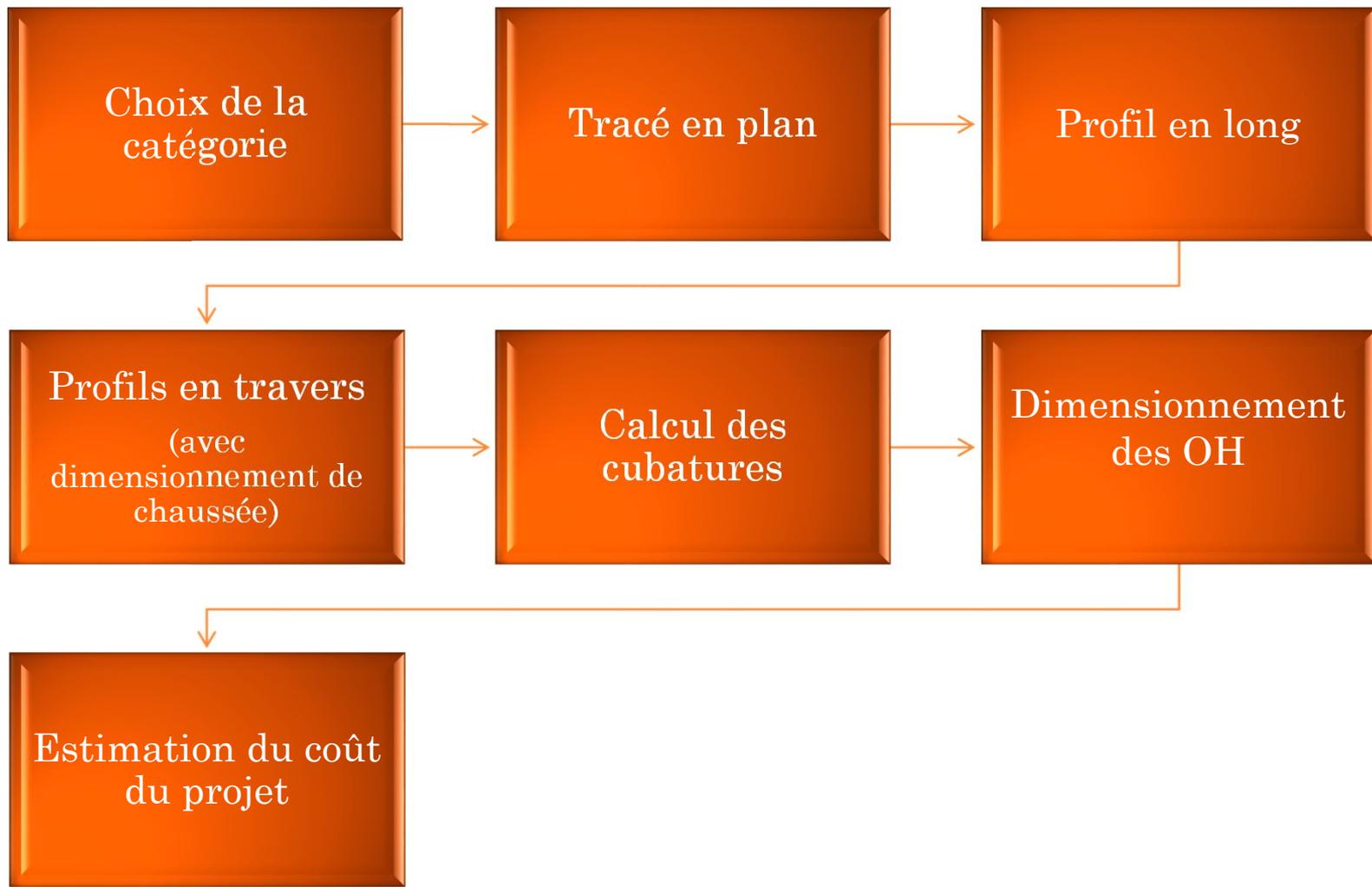
○ **Les études économiques**

- Apprécier la rentabilité des projets.

➔ Etude d'impact direct et indirects sur l'économie
du royaume

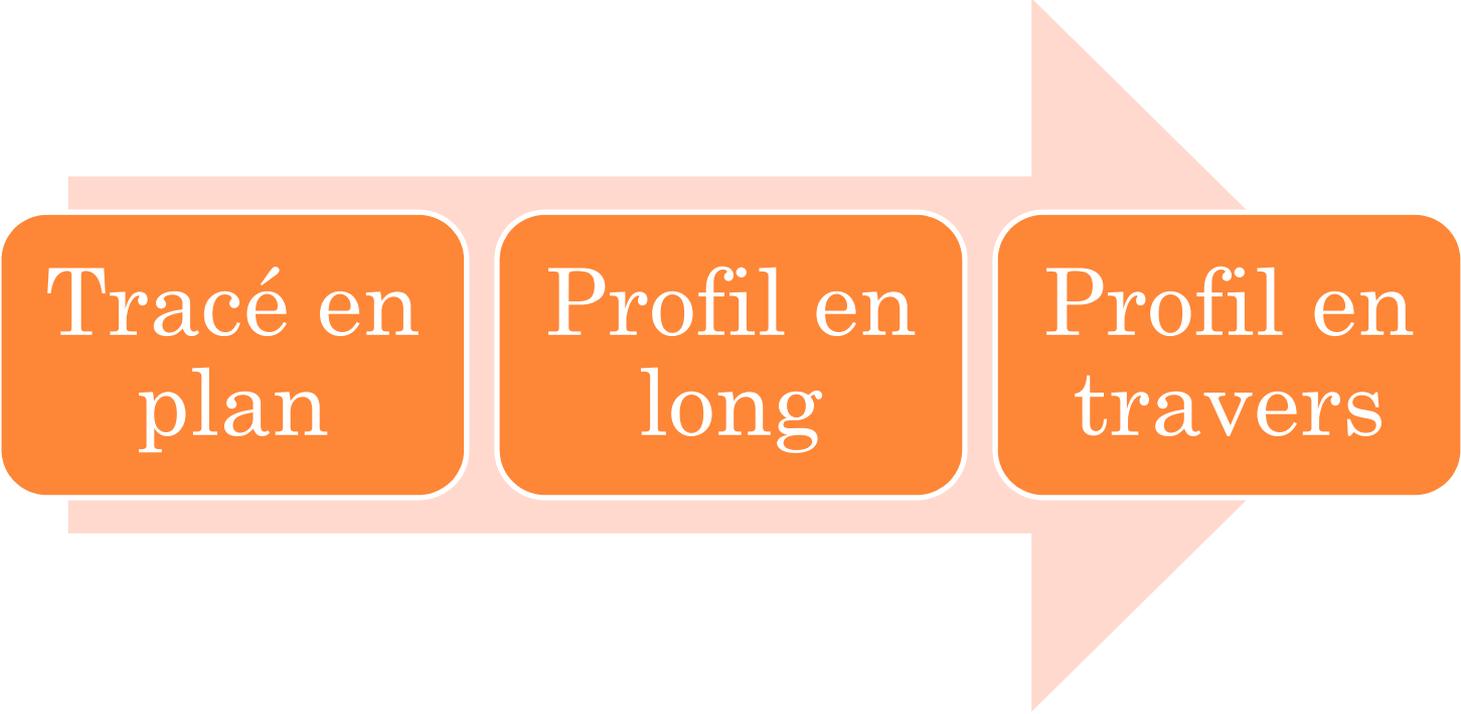


V- CONCEPTION D'UNE ROUTE



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

- **Processus**



Tracé en
plan

Profil en
long

Profil en
travers



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Tracé en plan

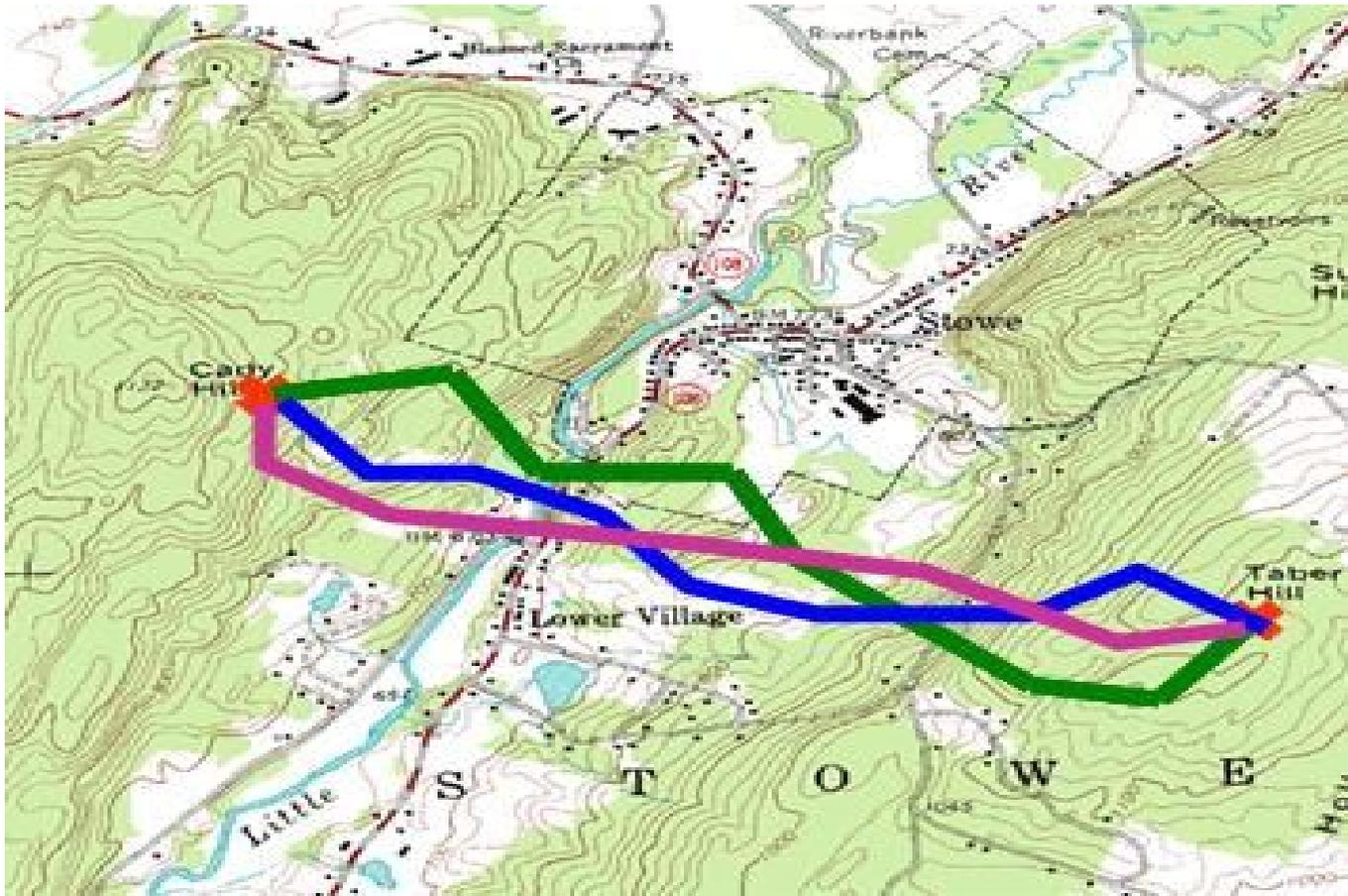
Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée.

C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement.



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

- **Tracé en plan**



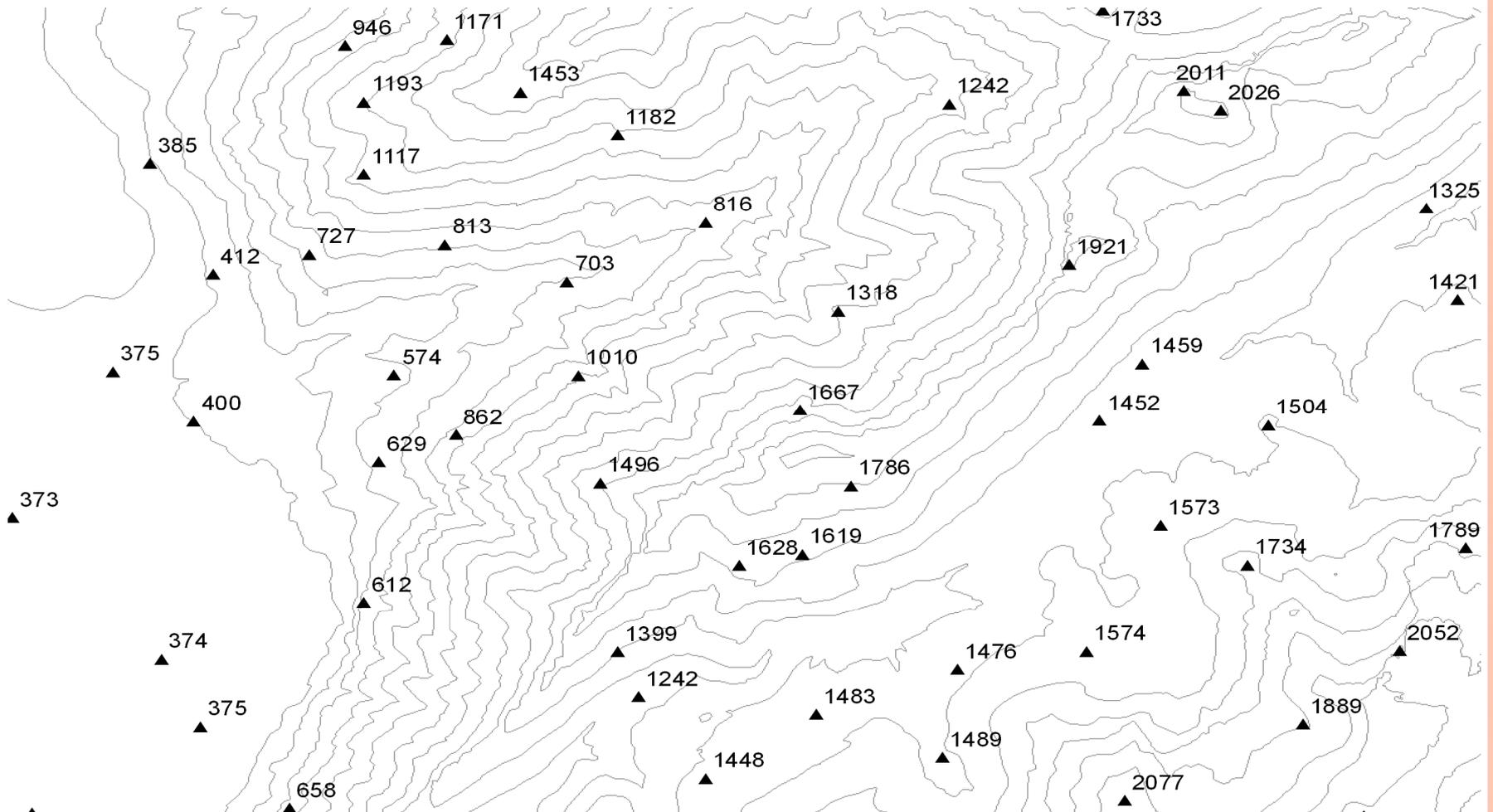
V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Tracé en plan



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Tracé en plan



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Tracé en plan : Rayon de virage

Pour les Normes Marocaines, on a défini pour chaque catégorie 2 valeurs limites du rayon :

- R_{MN} : qui assure la stabilité d'un véhicule dans une courbe déversée à 4 %.
- R_{MA} : qui assure la stabilité d'un véhicule dans une courbe déversée à 7 %.

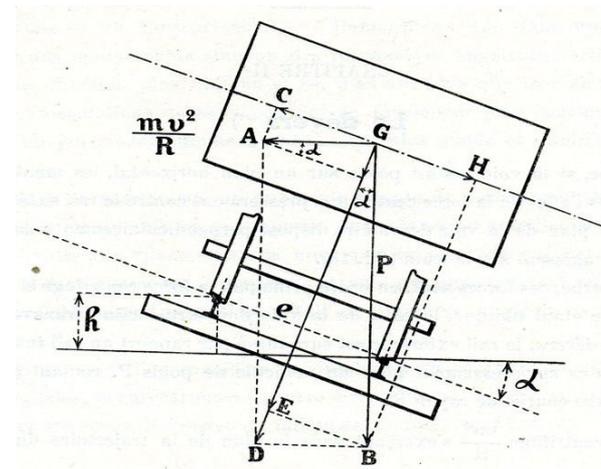
Vb / C	120 / Exp	100 / 1 ^{ère} C	80 / 2 ^{ème} C	60 / 3 ^{ème} C	40 / H.C
R_{MN}	1000	500	250	125	30
R_{MA}	700	350	175	75	15



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Tracé en plan : Rayon de virage

- Dévers de 7% (rayon min)

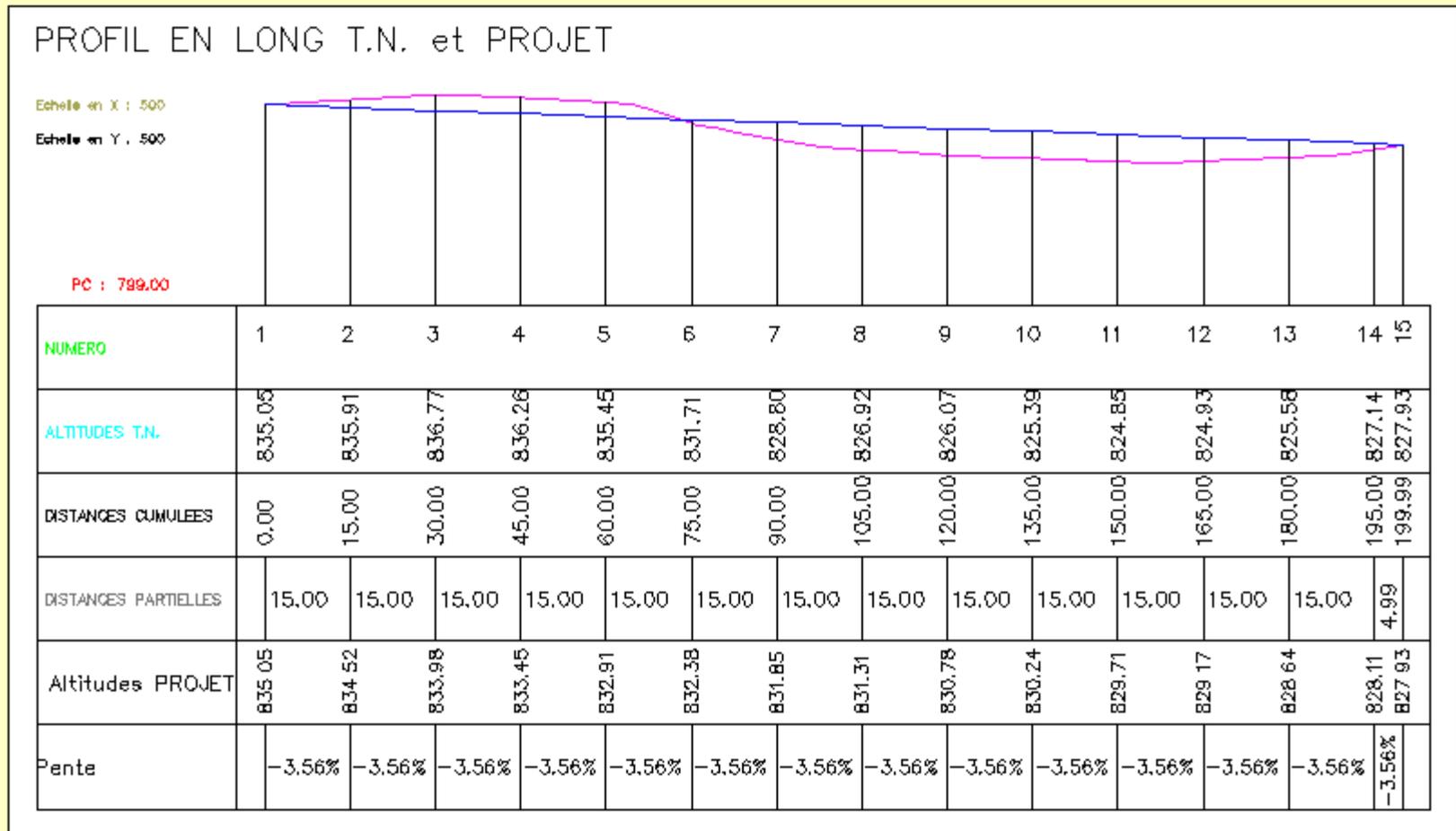


Vitesse en Km/h	120	100	80	60	40
Coeff. de frottement					
Longitudinal f_L	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
Transversal f_t	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20
Longitudinal f_L	0,36	0,40	0,43	0,46	0,49
Transversal f_t	0,11	0,125	0,15	0,18	0,22



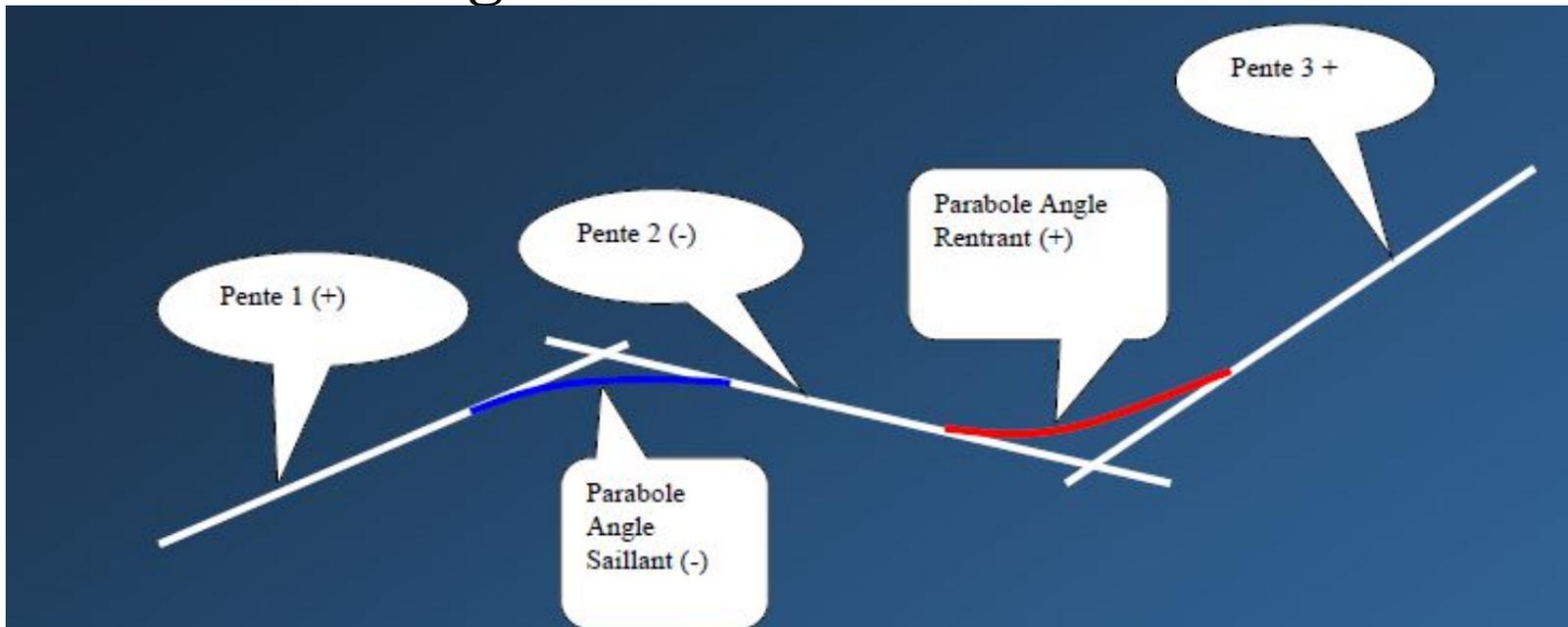
V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

o Profil en long:



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en long:

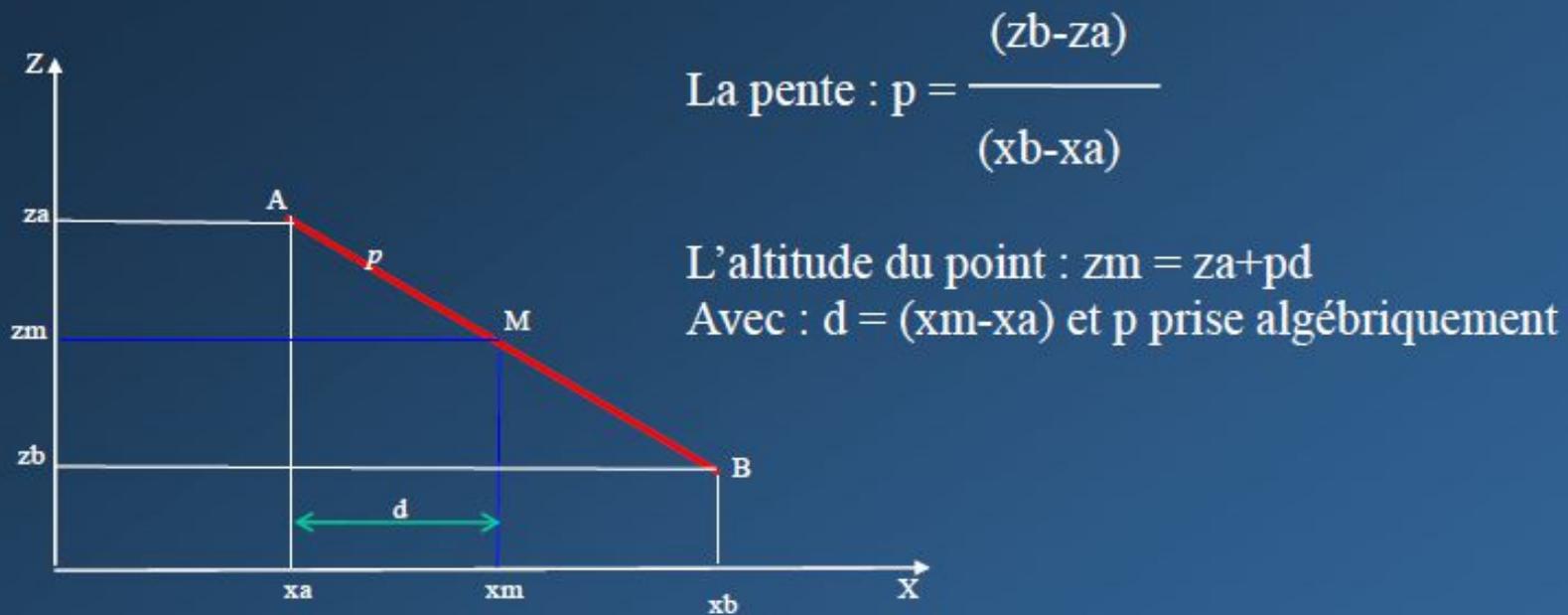


Le profil en long :
pentes et rampes (déclivités)
raccordements paraboliques
Angles saillants
Angles rentrants



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en long:



Exemple

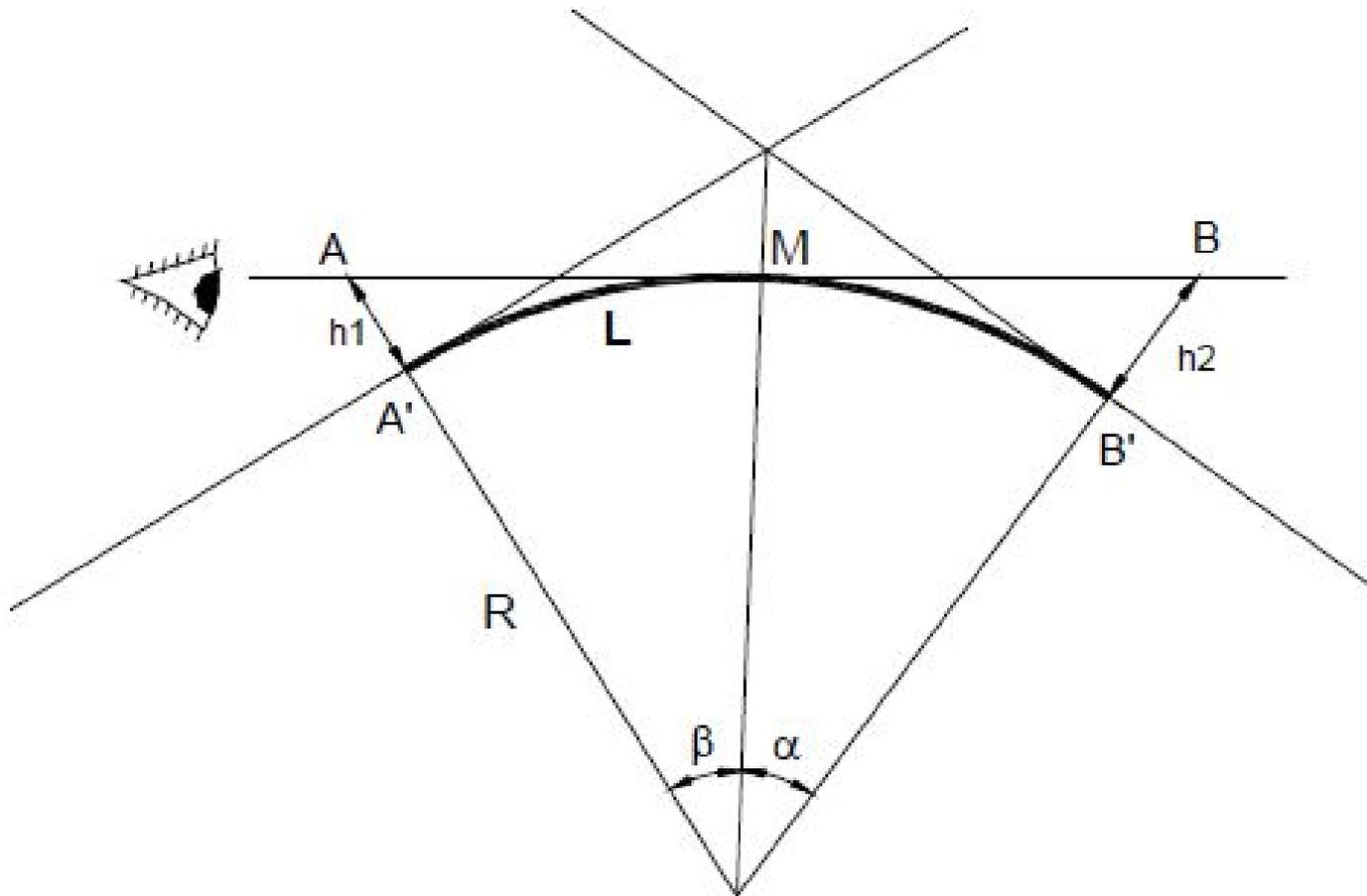
A (10;12), B (40;10), M(20, ?)

Pente ?



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

- Profil en long: Angles saillants

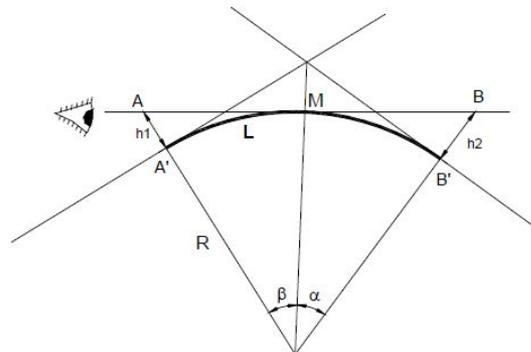


V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en long: Angles saillants

Pour $h_1 = 1.10$ m :

V_b (km/h)	R_{MN} ($h_2=0$)	R_{MA} ($h_2=0,3$)
40	-	1.000
60	2.000	1.500
80	4.000	1.800
100	9.000	4.000
120	16.000	7.000



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

- Profil en long: Angles rentrants

Vb	Except.	1 ^{ère} C	2 ^{ème} C	3 ^{ème} C	H.C
R _{MN}	4.000	2.500	1.500	1.000	500



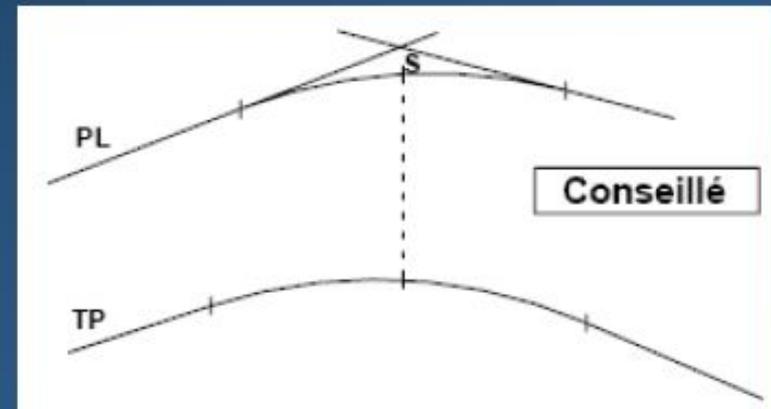
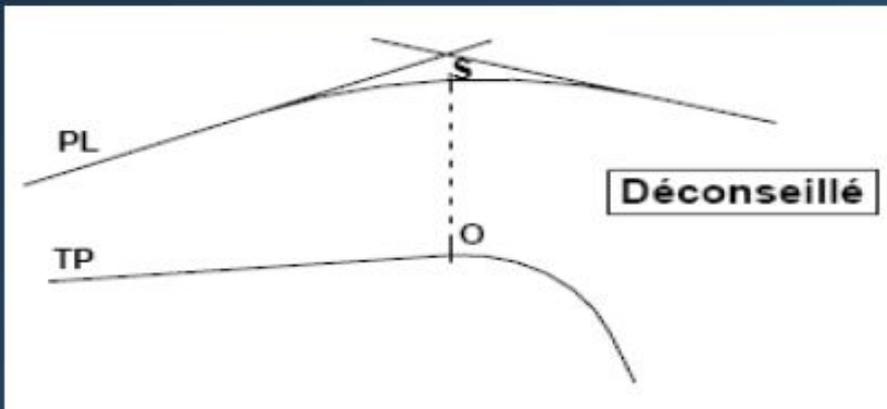
V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en long: Coordination avec le TP

En angle saillant:

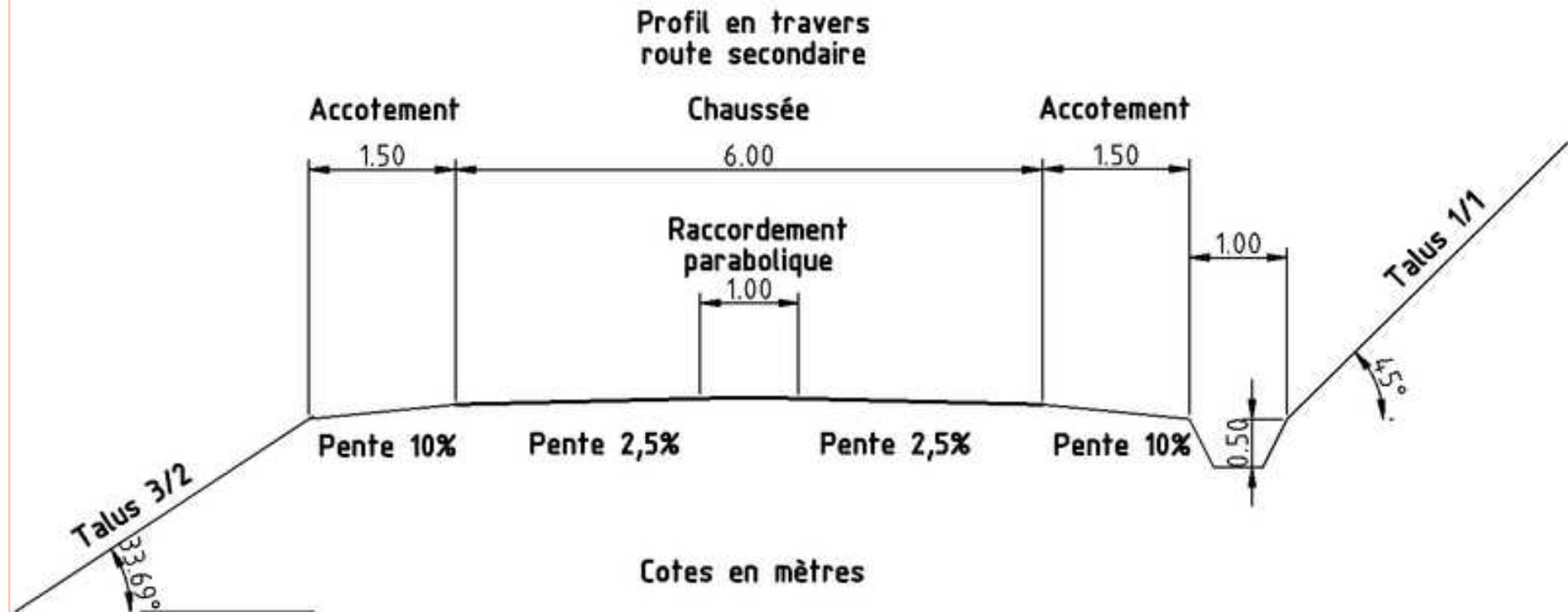
Règle : Il ne faut pas coïncider le sommet de la parabole (PL) avec l'origine de la courbe en TP.

Objectif : Eviter que le virage soit masqué par le sommet de la parabole.



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en travers:



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en travers:

Dessinez un profil en travers type :

- **Chaussée de 7m**
- **Accotement de 2m avec pente de 8%**
- **Dévers de 4%**
- **Fossé trapézoïdal 0,5x0,5 côté déblais**
- **Talus avec pente de 3/2**



V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en travers:

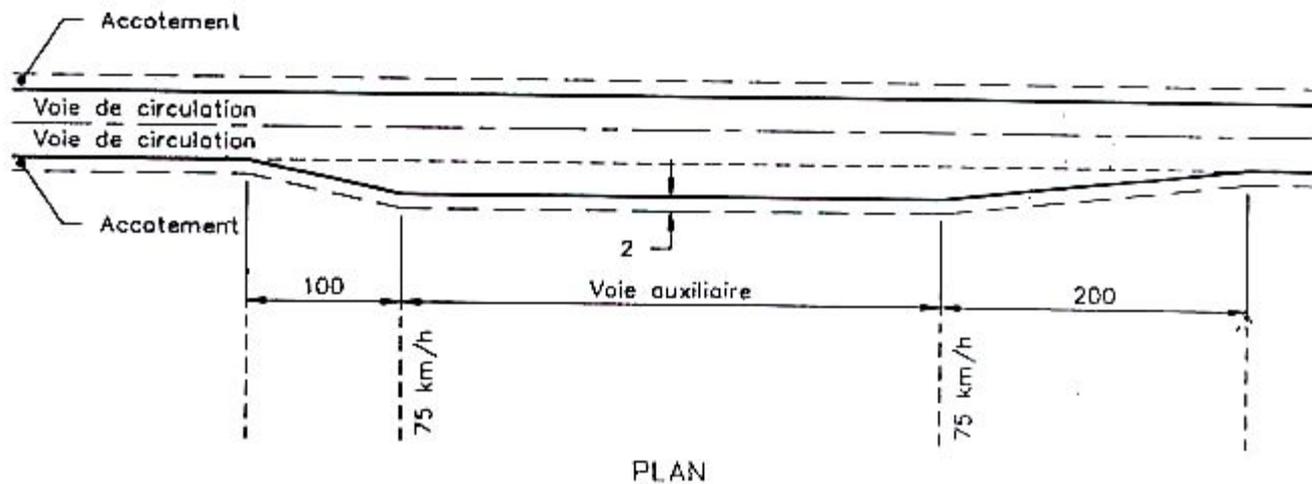
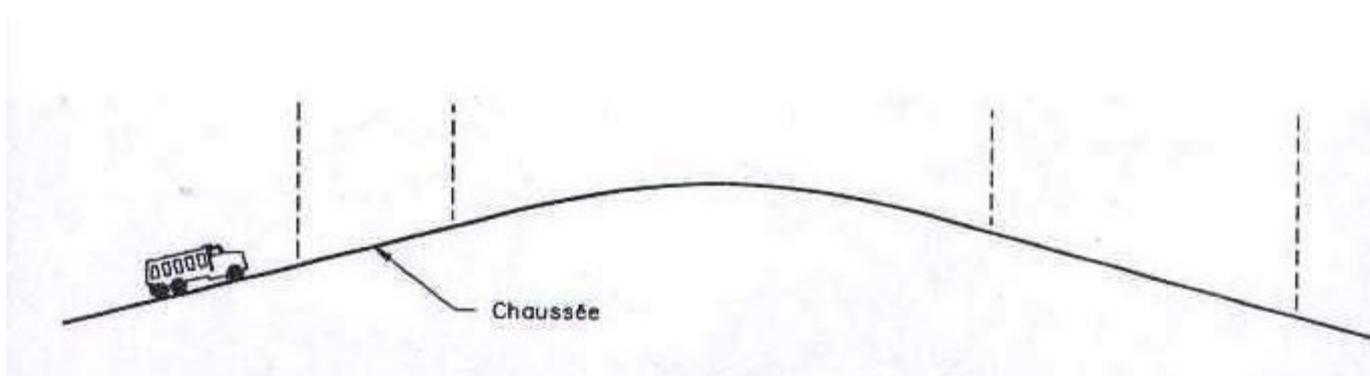
En pratique la plupart des véhicules légers n'excèdent pas les largeurs suivantes :

- Véhicules légers : 1,70 mètre
- Véhicule types « monospace » : 1,90 mètre
- Véhicules « 4X4 » : 2,20 mètres
- Camping-car : 2,30 mètres

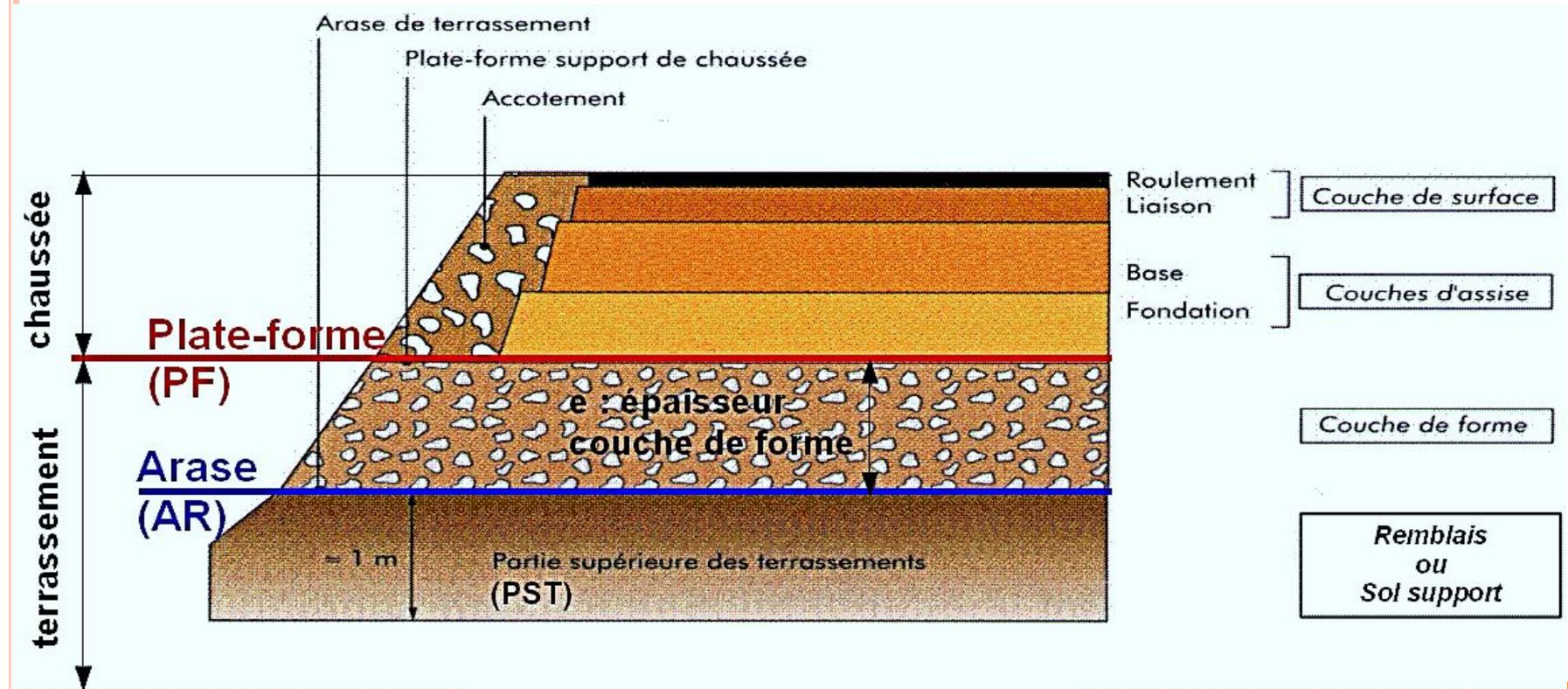


V- CONCEPTION D'UNE ROUTE

○ Profil en travers: Largeur variable



VI- STRUCTURE DE CHAUSSÉE



DISTANCE DE FREINAGE

C'est la distance que parcourt le véhicule pendant le temps de freinage qui annule totalement sa vitesse initiale supposée V_b .

Pour obtenir le freinage il faut détruire la force vive du véhicule en lui opposant un travail engendré le long d'un certain parcours. Ce parcours est précisément la distance de freinage que l'on cherche.

Soit m la masse d'un véhicule de poids P . ($P = m.g$)

Le théorème des forces vives permet d'écrire :

$$E = \frac{1}{2} m V^2 = P f d'$$

$$\frac{1}{2} P/g V^2 = P f d' \quad \Rightarrow \quad \boxed{d' = \frac{V_b^2}{2 g f}}$$

avec : f : le coefficient de frottement $\Rightarrow f = 0,4$

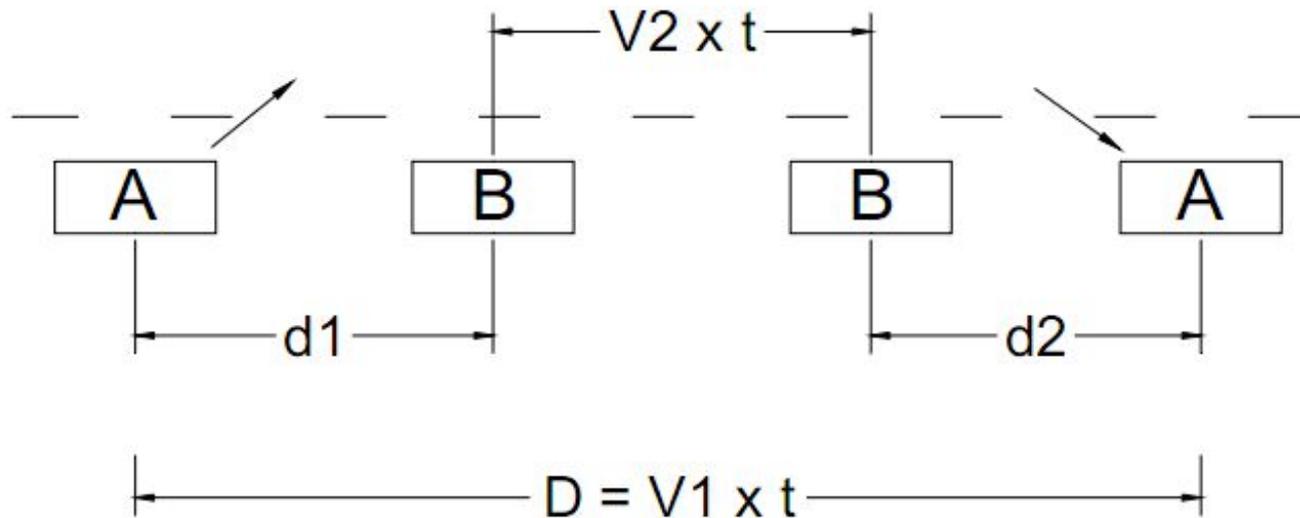
V : vitesse en $m/s = \frac{V}{3,6}$ km/h

g : l'accélération = $9,81 m/s^2$

$$\Rightarrow \quad \boxed{d' = \frac{V^2}{100}}$$



DISTANCE DE DÉPASSEMENT



t : temps de dépassement

d_1, d_2 : distances de sécurité entre 2 véhicules

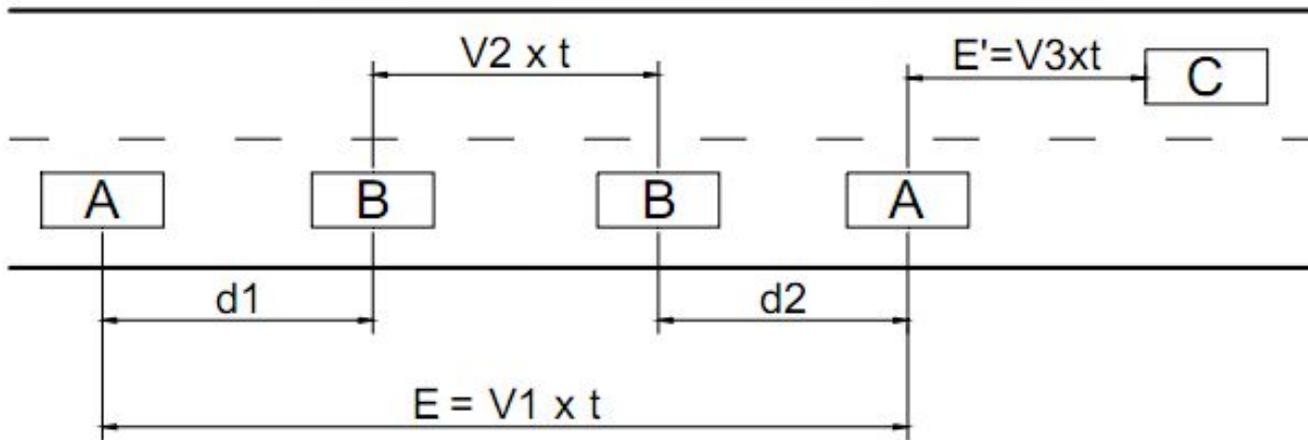
$$V_1 \times t = D = V_2 \cdot t + d_1 + d_2$$

\Rightarrow

$$D = \frac{V_1(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2}$$



DISTANCE DE VISIBILITÉ

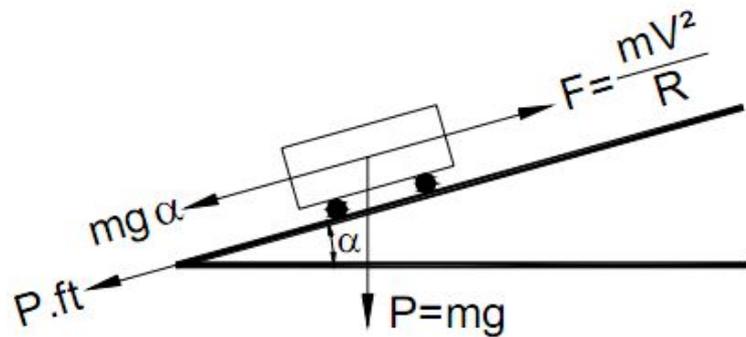


$$D_{vd} = E + E'$$

$$D_{vd} = \frac{V_1 (d_1 + d_2)}{V_1 - V_2} + \frac{V_3 (d_1 + d_2)}{V_1 - V_2}$$



RAYON DE COURBURE EN PLAN



L'équilibre est acquis si le frottement transversal s'oppose au dérapage :

$$P \sin \alpha + P \text{ ft} \geq F \cos \alpha$$

α étant petit : $\sin \alpha \approx \alpha$ et $\cos \alpha \approx 1$

$$\text{D'où : } m g \alpha + m g \text{ ft} \geq \frac{m V^2}{R} \Rightarrow R \geq \frac{V^2}{13 g (\alpha + \text{ft})}$$

$$R \geq \frac{V^2}{127 (\alpha + \text{ft})}$$

V en Km/h et α en %.

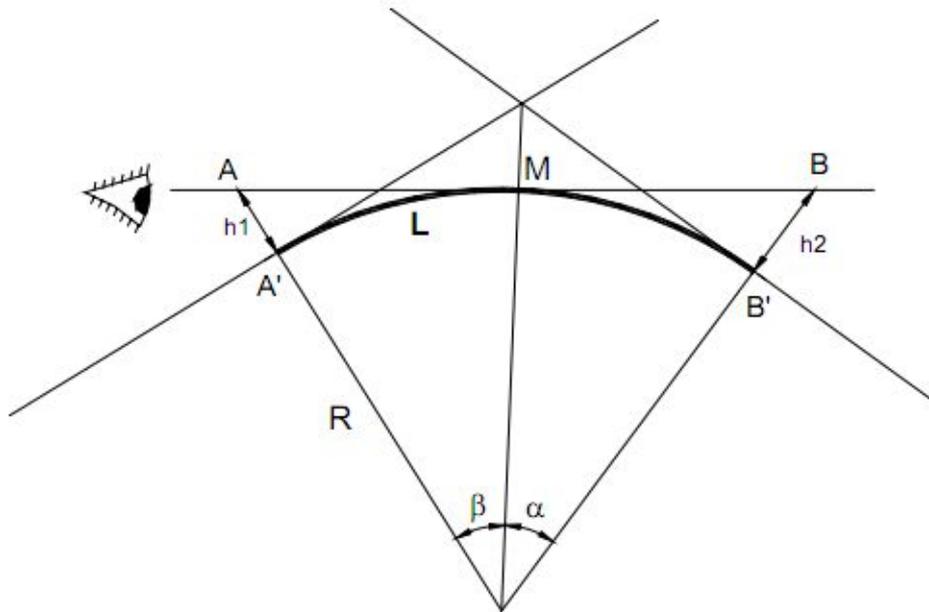
Pour les Normes Marocaines, on a défini pour chaque catégorie 2 valeurs limites du rayon :

- R_{MN} : qui assure la stabilité d'un véhicule dans une courbe déversée à 4 %.
- R_{MA} : qui assure la stabilité d'un véhicule dans une courbe déversée à 7 %.

Vb / C	120 / Exp	100 / 1 ^{ère} C	80 / 2 ^{ème} C	60 / 3 ^{ème} C	40 / H.C
R_{MN}	1000	500	250	125	30
R_{MA}	700	350	175	75	15



DISTANCE DE VISIBILITÉ – ANGLE SAILLANT



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

$$BM^2 = 2 h_2 R$$

Pour $h_1 = 1.10 \text{ m}$:

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

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

Vb (km/h)	$R_{MN} (h_2=0)$	$R_{MA} (h_2=0,3)$
40	-	1.000
60	2.000	1.500
80	4.000	1.800
100	9.000	4.000
120	16.000	7.000

DISTANCE DE VISIBILITÉ – ANGLE RENTRANT

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

$$\gamma_N = \frac{V^2}{R} < \frac{g}{30} \quad \Rightarrow \quad R > \frac{30 V^2}{g}$$

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

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
R_{MN}	4.000	2.500	1.500	1.000	500



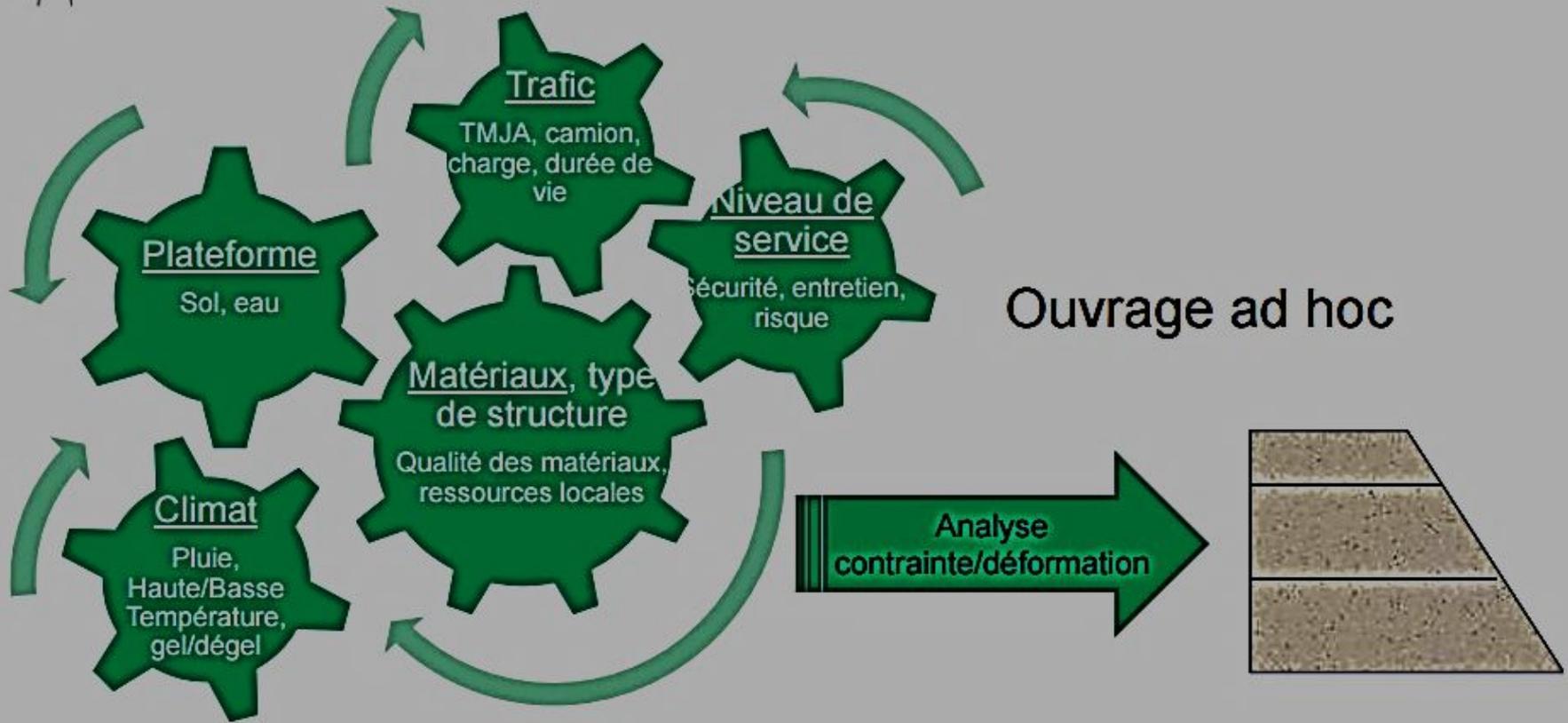
RÉCAP GÉOMÉTRIE

Excp (Vb=120km/h)			1 ^{ère} C (Vb=100km/h)			2 ^{ème} C (Vb=80km/h)			3 ^{ème} C (Vb=60km/h)			
R	d%	L (2%)	R	d%	L (2%)	R	d%	L (2%)	R	d%	L (2%)	L (4%)
700	7%	158,33	350	7%	131,94	175	7%	105,56	75	7%	79,17	39,58
750	6%	141,67	375	6%	118,06	200	5,5%	88,89	80	6,5%	75,00	37,50
800	5,5%	133,33	400	5,5%	111,11	225	4,5%	77,78	90	6%	70,83	35,42
850	5%	125,00	425	5%	104,17	250	4%	72,22	100	5%	62,50	31,25
900	4,5%	116,67	450	4,5%	97,22	275	3,5%	66,67	110	4,5%	58,33	29,17
950	4,5%	116,67	475	4,5%	97,22	300	3%	61,11	120	4%	54,17	27,08
1000	4%	108,33	500	4%	90,28	325	3%	61,11	125	4%	54,17	27,08
1050	3,5%	100,00	525	3,5%	83,33	350	2,5%	55,56	130	4%	54,17	27,08
1100	3,5%	100,00	550	3,5%	83,33	>350	Prof.		140	3,5%	50,00	25
1150	3,5%	100,00	575	3,5%	83,33		Normal		150	3%	45,83	22,92
1200	3%	100,00	600	3%	76,39				160	3%	45,83	22,92
1250	3%	91,67	625	3%	76,39				170	2,5%	41,67	20,83
1300	3%	91,67	650	3%	76,39				175	2,5%	41,67	20,83
1350	2,5%	83,33	675	2,5%	69,44				>175	Prof.		
1400 à 2000	2,5%	83,33	700 à 1000	2,5%	69,44					Normal		
>2000	Prof. Normal		>1000	Prof. Normal								
Tracé en Plan			Tracé en Plan			Tracé en Plan			Tracé en Plan			
Min. Normal		1,000	Min. Normal		500	Min. Normal		250	Min. Normal		125	
Min. Absolu		700	Min. Absolu		350	Min. Absolu		175	Min. Absolu		75	
Rayons non déversés		2000	Rayons non déversés		1000	Rayons non déversés		350	Rayons non déversés		175	
Profil en Long			Profil en Long			Profil en Long			Profil en Long			
<i>Angle Saillant</i>			<i>Angle Saillant</i>			<i>Angle Saillant</i>			<i>Angle Saillant</i>			
Min. Normal		16,000	Min. Normal		9,000	Min. Normal		4,000	Min. Normal		2,000	
Min. Absolu		7,000	Min. Absolu		4,000	Min. Absolu		1,800	Min. Absolu		1,500	
<i>Angle Rentrant</i>			<i>Angle Rentrant</i>			<i>Angle Rentrant</i>			<i>Angle Rentrant</i>			
Min. Unique		4,000	Min. Unique		2,500	Min. Unique		1,500	Min. Unique		1,000	

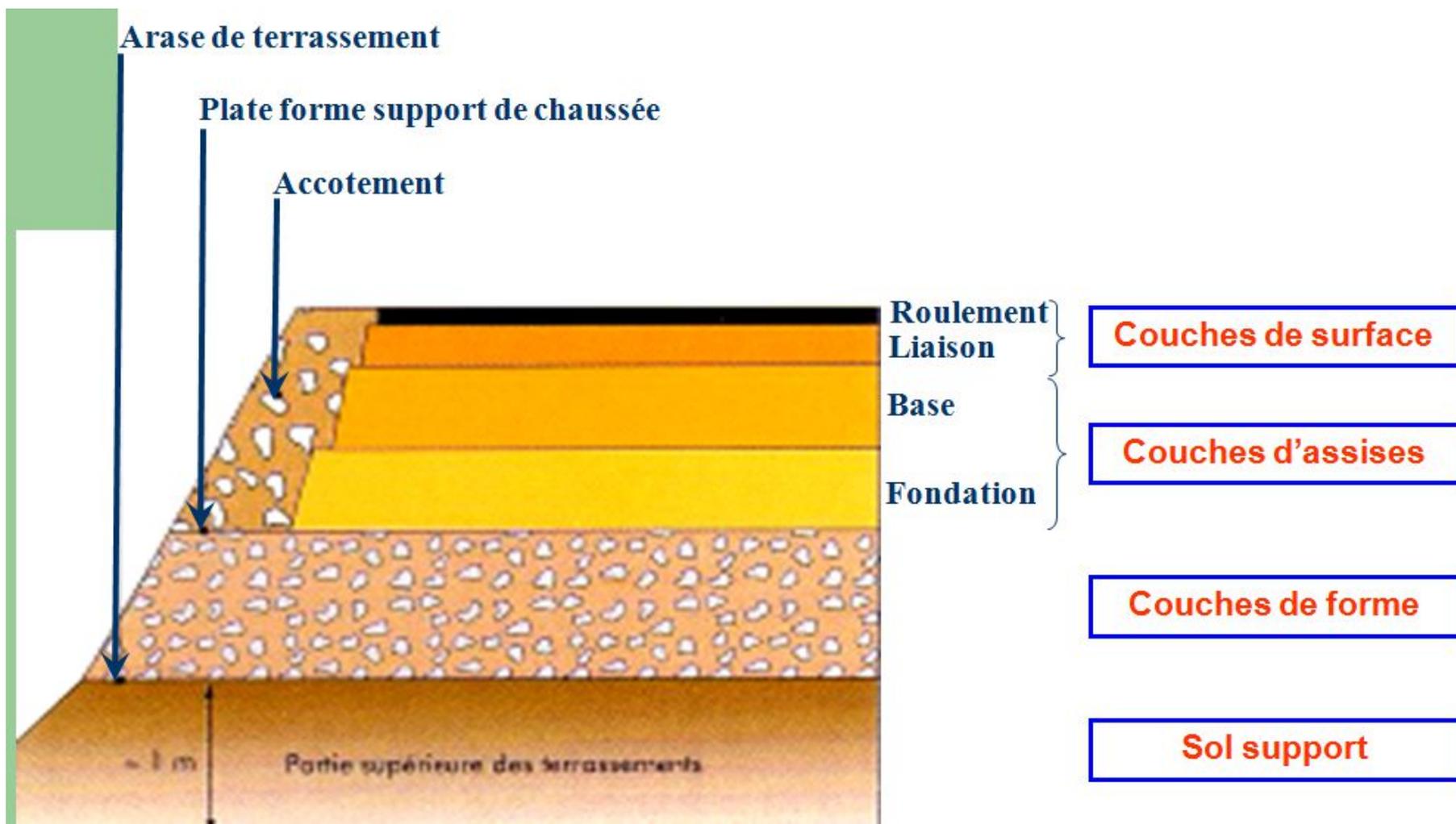
LES ÉTAPES :

- Etape 1 : Choix de la catégorie
- Etape 2 : Tracé en plan
- Etape 3 : Profil en long
- Etape 4 : Profil en travers
- Etape 5 : Dimensionnement de chaussée
- Etape 6 : Calcul des cubatures
- Etape 7 : Ouvrages d'assainissement
- Etape 8 : Estimation du coût du projet





CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE



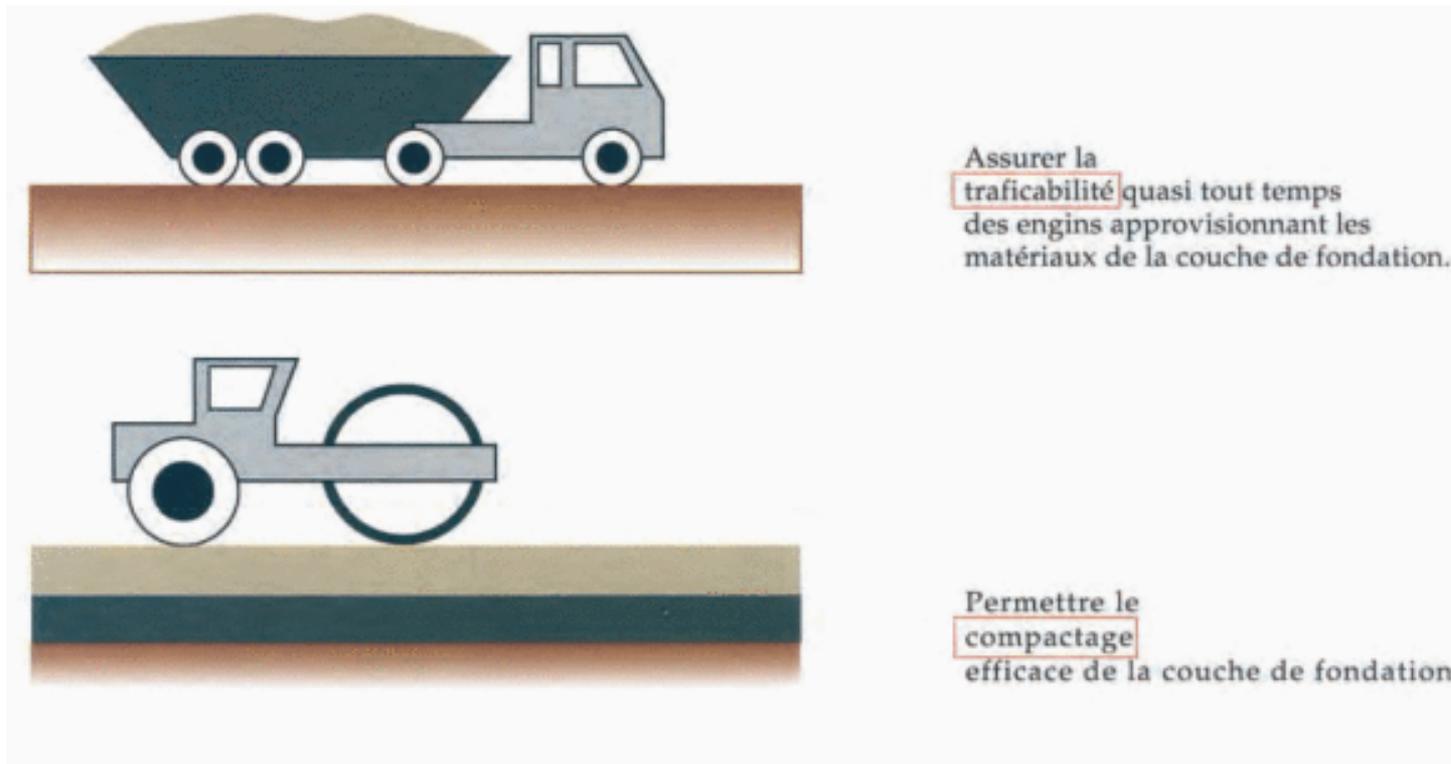
CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- **Couche de forme :**
- A court terme, la couche de forme doit présenter des caractéristiques minimales :
 - de traficabilité,
 - de nivellement,
 - de déformabilité,
 - de protection.



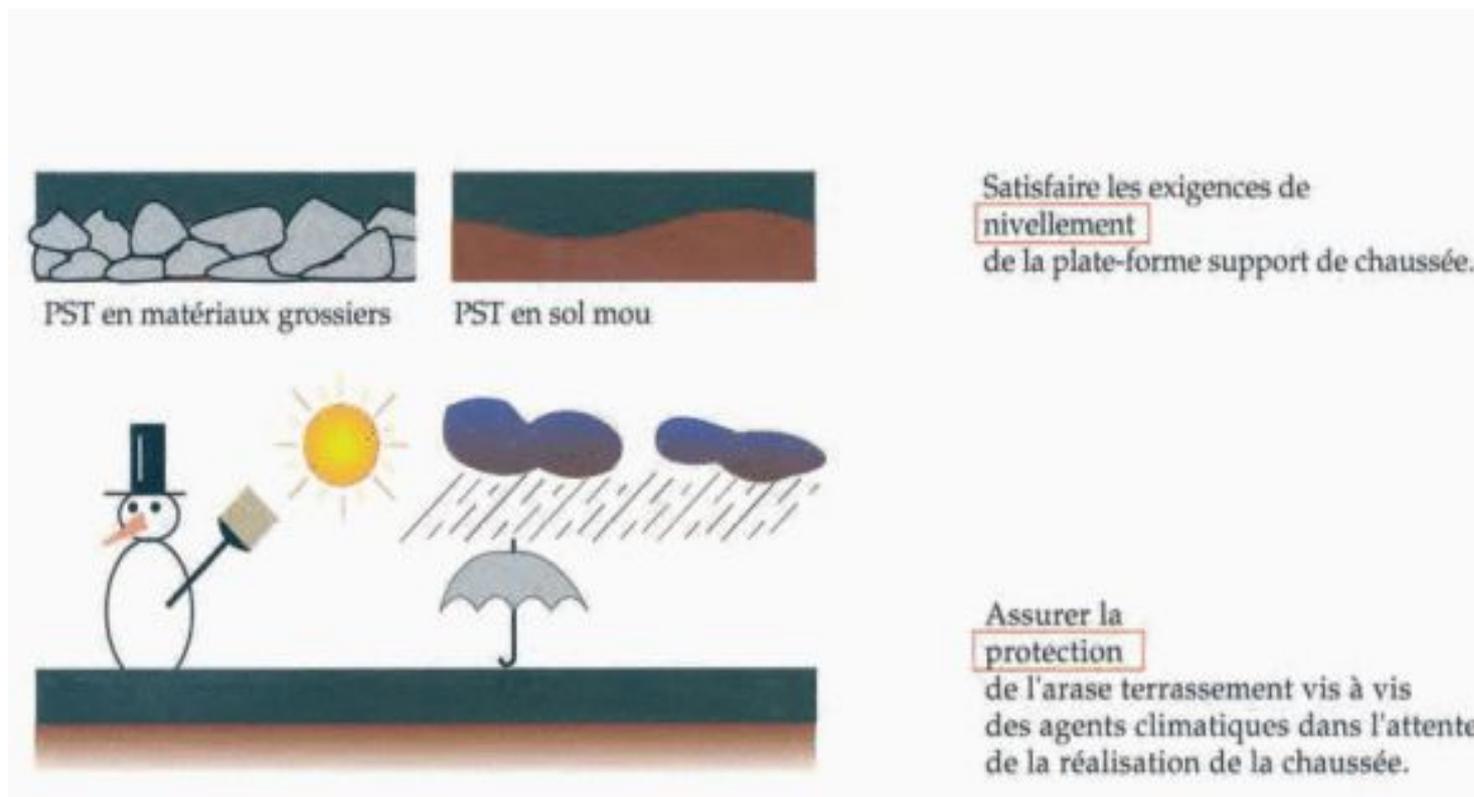
CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche de forme :
- A court terme, la couche de forme doit présenter des caractéristiques minimales :



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche de forme :
- A court terme, la couche de forme doit présenter des caractéristiques minimales :



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

○ Couche de forme :

A long terme, Les fonctions de la couche de forme rapportent au comportement de la chaussée en service, à savoir :

- homogénéiser la portance du sol,
- assurer le maintien dans le temps,
- améliorer la portance de la plate-forme,
- contribuer au drainage de la chaussée.



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- **Couche de forme :**
- Les techniques pour la couche de forme :
 - G : Action sur la granularité
 - W : Action sur l'état hydrique
 - T : Traitement
 - S : Protection superficielle



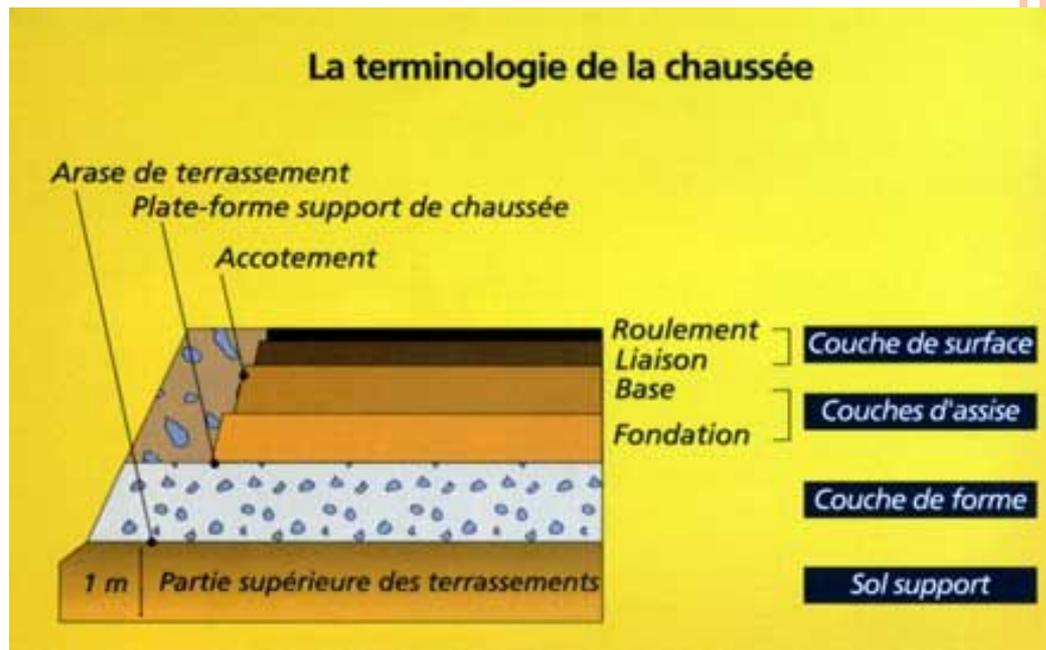
CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche de forme :



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche d'assise :
- Généralement constituée de deux couches :
 - la couche de fondation
 - la couche de base.



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

○ Couche d'assise :

- Elles apportent à la chaussée la résistance mécanique, pour résister aux charges verticales induites par le trafic.
- Elles répartissent les pressions sur la plateforme support afin de maintenir les déformations, à ce niveau, dans des limites admissibles



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

○ Couche d'assise :

- fournissent un support bien nivelé pour la couche de surface.
- fournissent également un support de portance suffisante pour le compactage de la couche de surface.
- puissent servir provisoirement de couche de roulement (renforcement sous circulation, et/ou circulation de chantier).



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche d'assise :

→ Elle doit présenter des caractéristiques mécaniques assez élevées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- **Couche d'assise :**
- Matériaux pour couches d'assise :

Les graves non traitées (GNT)

- GNF : Grave non traitée pour couche de fondation (GNF1 – GNF2 – GNF3).
 - GN : Grave non traitée pour couche de base (GNA – GNB – GNC – GND).
-
- **Les graves traitées au ciment**
 - **Les graves traitées aux liants hydrocarbonés**



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

○ Couche d'assise :

Graves Non Traitées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

○ Couche d'assise :

Graves Non Traitées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche d'assise :

Graves Non Traitées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche d'assise :

Graves Non Traitées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche d'assise :

Graves Non Traitées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche d'assise :

Graves Non Traitées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- **Couche de surface:**
- La couche de surface est constituée :
 - de la couche de roulement, qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat,
 - et le cas échéant d'une couche de liaison, entre les couches d'assise et la couche de roulement.



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

○ Couche de surface:

- Le Premier rôle : la sécurité → de bonnes propriétés antidérapantes
- Deuxième rôle : le confort → ne pas ressentir dans son véhicule de secousses brutales ou de vibrations excessives



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- **Couche de surface:**
- Le Troisième rôle : la participation à la structure
 - ✓ la couche de roulement subit directement les agressions du trafic et celles liées aux conditions climatiques
 - ✓ elle doit faire obstacle à la pénétration d'eau dans les assises de chaussées



CONSTITUTION D'UN CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche de surface:

- Matériaux pour couche de roulement :

- **RS (ES)** : Revêtement (Enduit) Superficiel.
- **ECF** : Enrobé Coulé à Froid.
- **EF** : Enrobé à Froid.
- **EB (BB)** : Enrobé (Béton) Bitumineux.
- **BBME** : Béton Bitumineux à Module Elevé.
- **BBTM** : Béton Bitumineux Très Mince.
- **BBD_r** : Béton Bitumineux Drainant.



MERCI

