



CIVIL-463.08

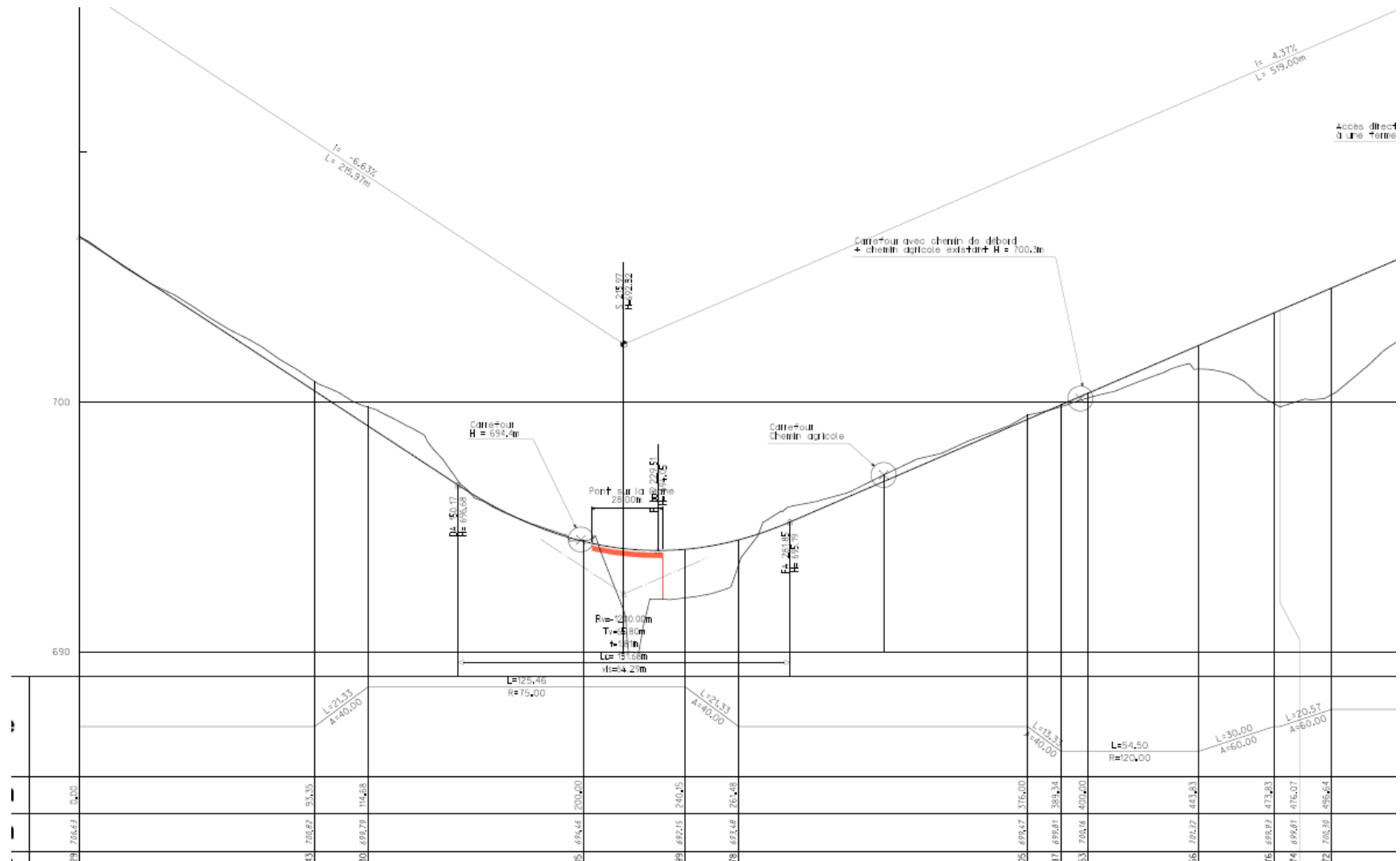
PROFIL EN LONG

**Base : Chapitre 6.2
du TGC 25**

Profil en long

- ▶ **Coupe verticale passant par l'axe de la route**
- ▶ **Échelle déformée**
 - ▶▶ **Rendre perceptible les déclivités et les différences d'altitudes**
 - ▶▶ **Échelle des longueurs reportée en abscisse équivalente à celle du plan de situation**
 - ▶▶ **Échelle des altitudes 10 fois plus grande**

Exemple de profil en long



Éléments géométriques

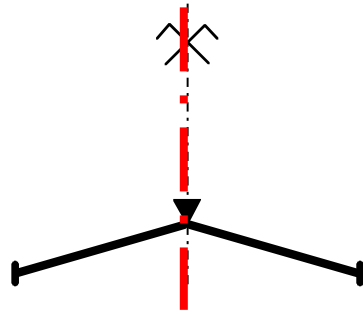
- ▶ **Composé de deux éléments géométriques simples**
- ▶ **Déclivités constantes**
 - ▶ Ligne droite
 - ▶ i (en %)
- ▶ **Arc de cercle**
 - ▶ Cercle vertical
 - ▶ **Rayon vertical R_v**

Éléments géométriques

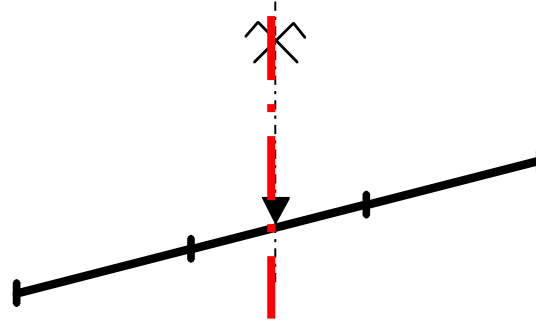
► Courbe de raccordement

- Rayons verticaux importants → faibles chocs verticaux
- Pas nécessaire

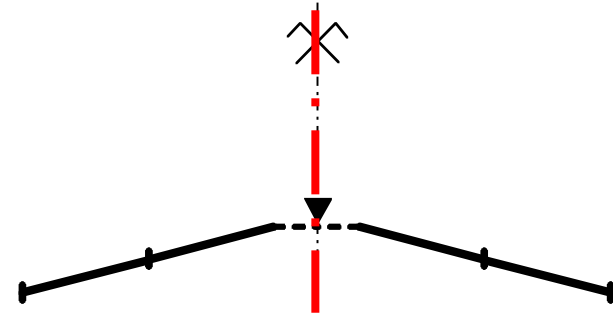
Axes de référence



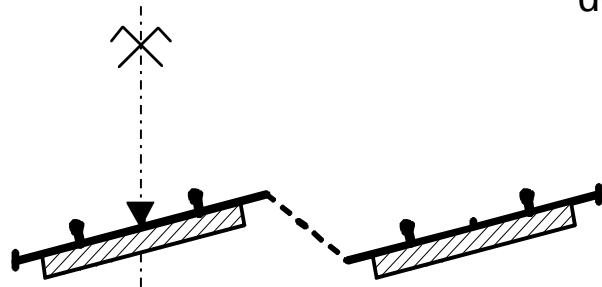
a) route à 2 voies:
milieu, ou un bord
de la chaussée



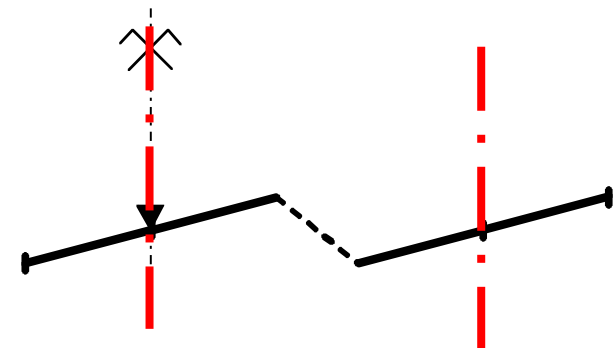
b) route à 3 voies:
milieu de la voie
centrale, ou un bord
de l'une des voies



c₁) route à 4 voies avec
terre-plein central:
milieu du terre-plein



d) chemin de fer à 2 voies:
milieu entre les 2 rails
de l'une des voies



c₂) ou milieu de l'une
des deux chaussées

Exemples de chaussées décalées

► Autoroute des Titans Genève - Lyon



Exemples de chaussées décalées

► Autoroute A9 Lavaux



Déclivités constantes

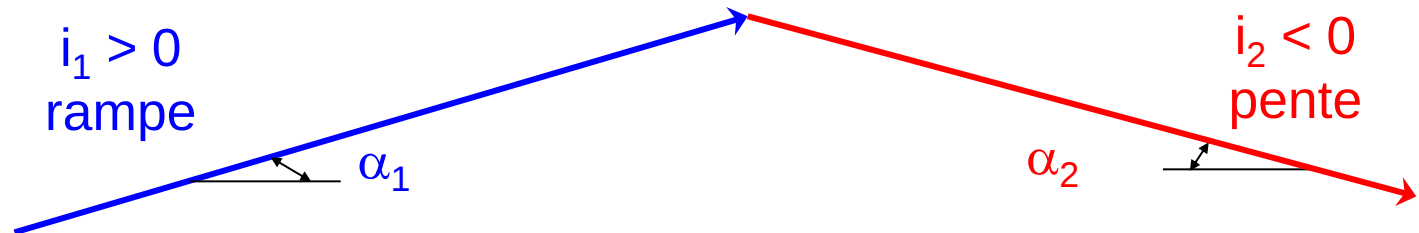
► Déclivité longitudinale i

►► Exprimée en %

$$i = \operatorname{tg} \alpha$$

► Valeur positive **rampe**

► Valeur négative **pente**



Déclivité minimale

► Permettre l'évacuation des eaux superficielles



Déclivité minimale

► En rase campagne

►► $i_{\min} = 0,5 \%$ souhaitable

►► $i_{\min} = 0,3 \%$ *absolue*

► En localités

►► $i_{\min} = 0,3 \%$ souhaitable

►► $i_{\min} = 0,2 \%$ *absolue*

Déclivité maximale

► Véhicules légers

- Limite d'adhérence pneu - chaussée 20 à 25 %
- En cas de conditions hivernales 5 à 10 %

► Poids lourds

- Vitesse déclinant rapidement en rampe
- Risque d'échauffement des freins en pente

Effets d'une déclivité élevée

- ▶ **Consommation d'énergie accrue**
- ▶ **Vitesse commerciale très réduite**
- ▶ **Gêne du trafic**
 - ▶▶ Différence de vitesse entre les divers types de véhicules
 - ▶▶ Création de bouchons
 - ▶▶ Danger d'accident

Effets d'une déclivité élevée

- ▶ **Gêne des riverains**
 - ▶▶ Nuisances sonores
 - ▶▶ Pollution atmosphérique
- ▶ **Entretien hivernal important**
- ▶ **Orniérage accru**

Lombard Street (San Francisco – CA)

► 27 % réduit à 16 %



Exemples extrêmes ...

► Scanuppio (Italie)



Valeurs préconisées (CH)

► SN 640 110

►► En fonction de la vitesse de base

Vitesse de base V_A	(km/h)	40	60	80	100	120
Déclivité maximale i_{max}	(%)	12	10	8	6	4

► Réduction

►► Ponts

►► Ouvrages souterrains

Autres valeurs préconisées

► En fonction de l'environnement

Type de terrain	Autoroutes <i>Freeways</i>	Routes hors-localités <i>Rural highways</i>	Routes urbaines <i>Urban highways</i>
Plaine / <i>Level</i>	3 ÷ 4 %	3 ÷ 5 %	5 ÷ 8 %
Vallonné / <i>Rolling</i>	4 ÷ 5 %	5 ÷ 6 %	6 ÷ 9 %
Montagneux / <i>Mountainous</i>	5 ÷ 6 %	5 ÷ 8 %	8 ÷ 11 %

Valeurs internationales

Tableau PL-A1 Pentres maximales – Routes en milieu rural

PAYS	VITESSE DE CONCEPTION (km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
AFRIQUE DU SUD									
plat	-	-	-	5	4	3,5	3	3	3
vallonné	-	7	6	5,5	5	4,5	4	-	-
montagneux	10	9	8	7	6	-	-	-	-
ALLEMAGNE	-	-	8	7	6	5	4,5	-	4
AUSTRALIE									
plat	-	-	6-8	-	4-6	-	3-5	-	3-5
vallonné	-	-	7-9	-	5-7	-	4-6	-	4-6
montagneux	-	-	9-10	-	7-9	-	6-8	-	-
CANADA	7	7	6-7	6	4-6	4-5	3-5	3	3
routes secondaires	11	11	10-11	9	7-8	6-7	5-7	5-6	5
ÉTATS-UNIS									
plat	-	-	5	5	4	4	3	3	3
vallonné	-	-	6	6	5	5	4	4	4
montagneux	-	-	8	7	7	6	6	5	5
FRANCE	-	-	7	-	6	-	5	-	-
GRÈCE	-	11	10	9	8	7	5	4,5	4
ITALIE	10	10	7	7	6	5	5	5	5
routes secondaires	12	-	10	-	7	6	6	-	-
JAPON	7	6	5	-	4	-	3	-	2
SUISSE	12	-	10	-	8	-	6	-	4

Source: Lamm et al. dans Highway design and traffic safety engineering handbook. Copyright 1999, McGraw-Hill Companies, Inc.

Voies additionnelles en rampe

- ▶ **Un fort différentiel de vitesse entre voitures légères et véhicules lents en rampe amène ...**
 - ▶▶ ... une gêne à la circulation des voitures légères
 - ▶▶ ... une diminution de la capacité et de la charge admissible
 - ▶▶ ... une diminution de la vitesse commerciale
 - ▶▶ ... une insécurité accrue, car les dépassements deviennent dangereux

Voies additionnelles en rampe

► Véhicules lents

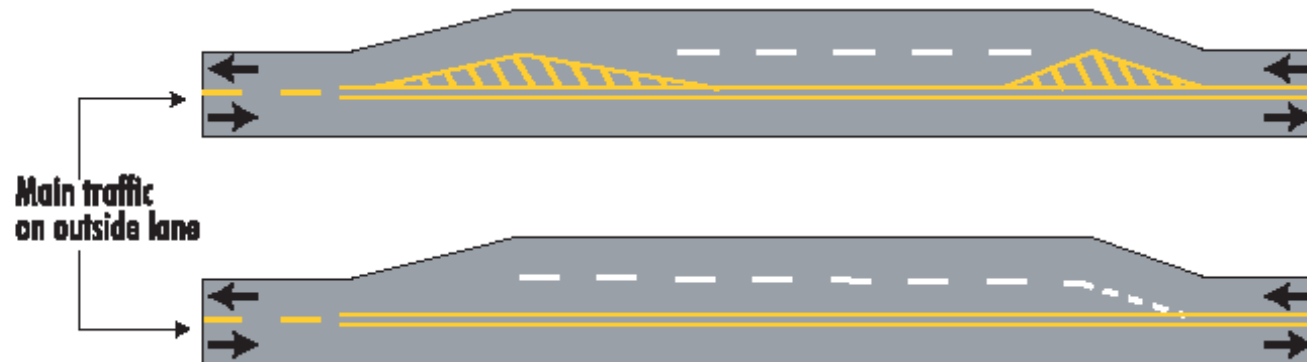
- Poids lourds PL (par extension)
- Caravanes
- Véhicules légers à faible performance dynamique

Disposition

► Voie lente



► Voie de dépassement



Voie lente

► Voie lente

►► Autoroute A9 Lausanne → Villette



Voie de dépassement

► Voie de dépassement

►► Autoroute A12 Vevey → Châtel Saint-Denis



Conception d'une voie additionnelle

- ▶ **Établissement du diagramme de vitesse**
 - ▶▶ Vitesse de projet des VL et des PL
- ▶ **Vérification du critère de dynamique de conduite**
 - ▶▶ Le différentiel de vitesses est-il suffisamment important ?
 - ☐ En valeur absolue (km/h)
 - ☐ Dans l'espace (longueur du dépassement)
 - ▶▶ Emplacement

Conception d'une voie additionnelle

► Vérification du critère de technique de circulation

►► Y a-t-il suffisamment de trafic pour justifier une voie additionnelle ?

► Autres critères

►► Économie

►► Place à disposition

►► Environnement

Établissement du diagramme de vitesse

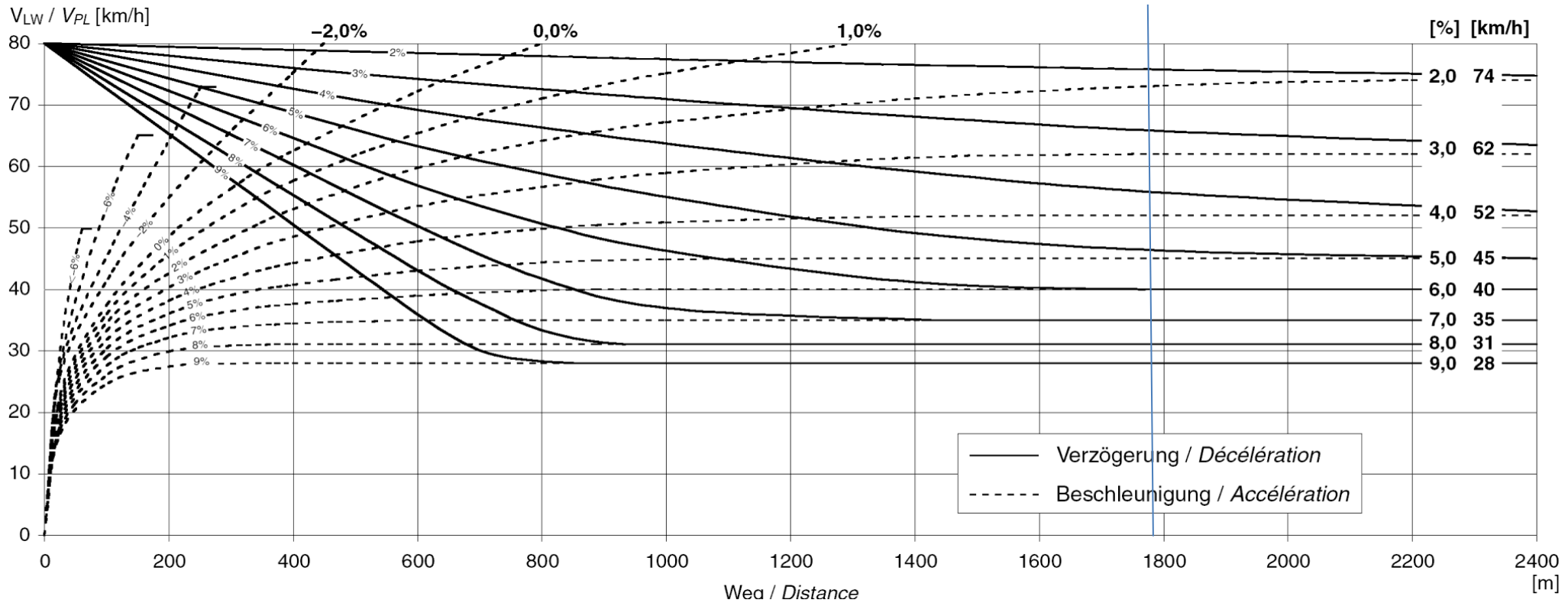
► Voitures légères $V_{p(VL)}$

Déclivité i (%)	± 7	± 8	± 9	$\geq \pm 10$
Vitesse de projet V_{VL} des VL (km/h)	80	75	75	70

► Poids lourds $V_{p(PL)}$

►► Diagramme V_p = fonction longueur / déclivité

Vitesse des PL en rampe

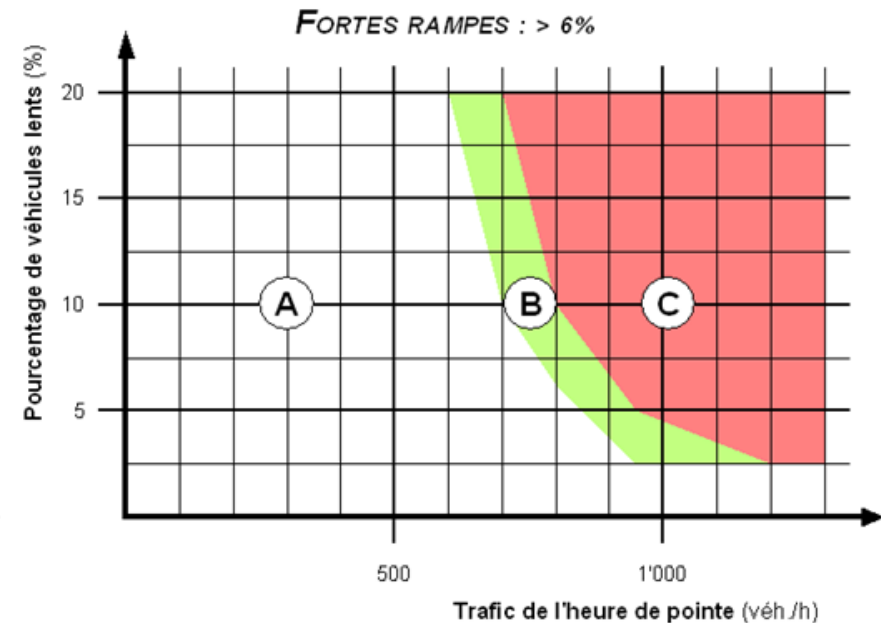
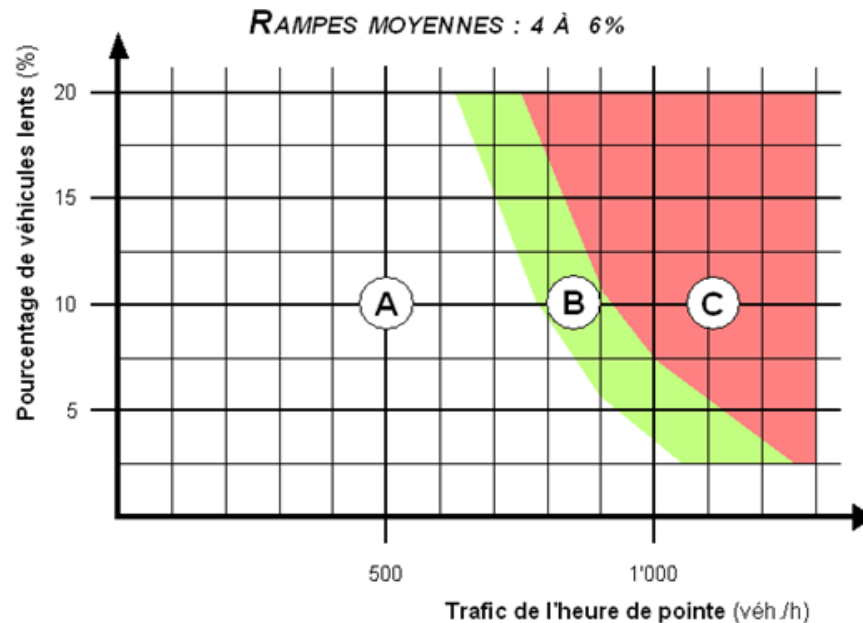


Critère de dynamique de conduite

► Voies additionnelles en rampe nécessaires si

- ▶▶ $V_{PL} < 55\%$ de V_{VL} sur au moins 500 m pour les RGD munies d'une séparation physique des voies de circulation
- ▶▶ $V_{PL} < 65\%$ de V_{VL} sur au moins 200 m pour les autres routes
- ▶▶ Autres critères possibles
 - ☐ Selon une différence de vitesse absolue
 - ☐ Distances différentes
 - ☐ Etc.

Critère de technique de circulation



A : les voies additionnelles ne sont pas nécessaires

B : les voies additionnelles sont souhaitées quand les distances de visibilité sont limitées

C : les voies additionnelles sont souhaitées

Autres critères

► Environnement

- Préférable dans une zone de plaine
- Moins évident en zone de montagne
- Place à disposition

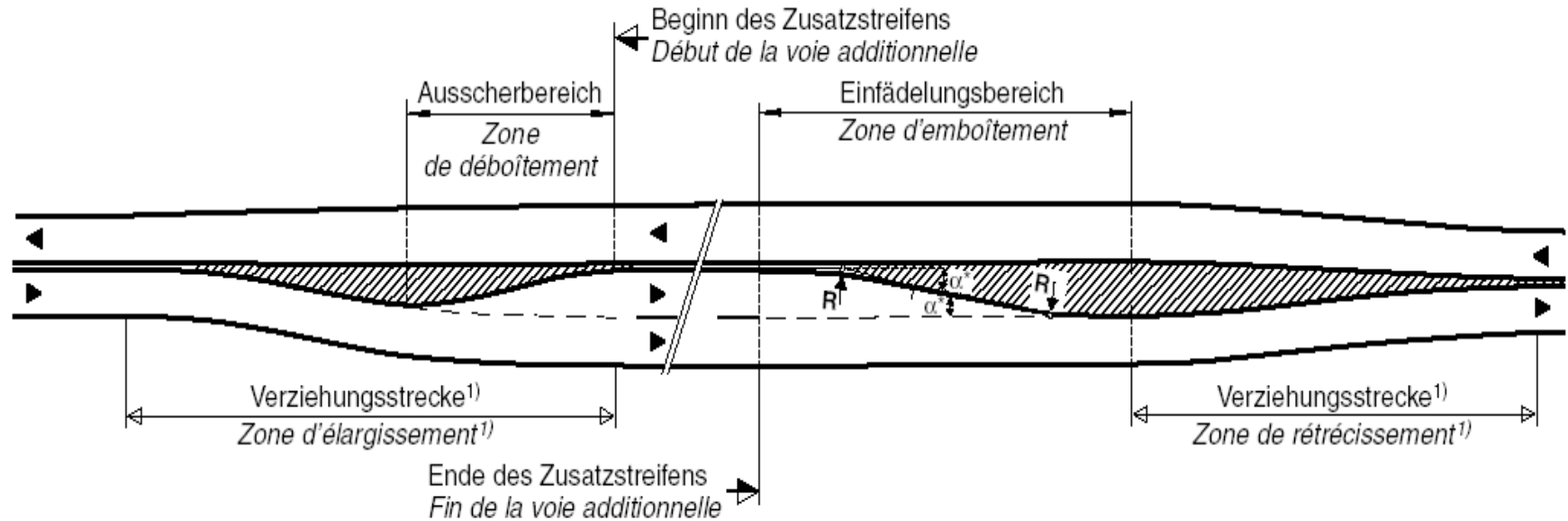
► Conditions économiques

► Standards du M.O.

Emplacement de la voie additionnelle

- ▶ **Début et fin en fonction du critère dynamique de conduite**

Zones de transition



	RGD pourvue d'une séparation physique des sens de circulation	Route sans séparation physique des sens de circulation
Longueur de la zone d'emboîtement (m)	125 à 150	80 à 100
Longueur de la zone de déboîtement (m)	80 à 100	40 à 50
Angle du biseau α	1:20 à 1:25	1:15 à 1:20

Longueur minimale

► RGD

►► Pourvues de séparation physique des sens de circulation

►► 1'000 m

► RP

Déclivité i	(%)	4	5	6	≥ 7
Longueur minimale $L_{\min}$	(m)	450	350	250	200

Distance minimale

- ▶ **Distance entre 2 zones successives**
- ▶ **2'000 m sur les RGD pourvues de séparation physique des sens de circulation**
- ▶ **600 m pour les RP sans séparation physique des sens de circulation**

Raccordements verticaux

► Changement de déclivité

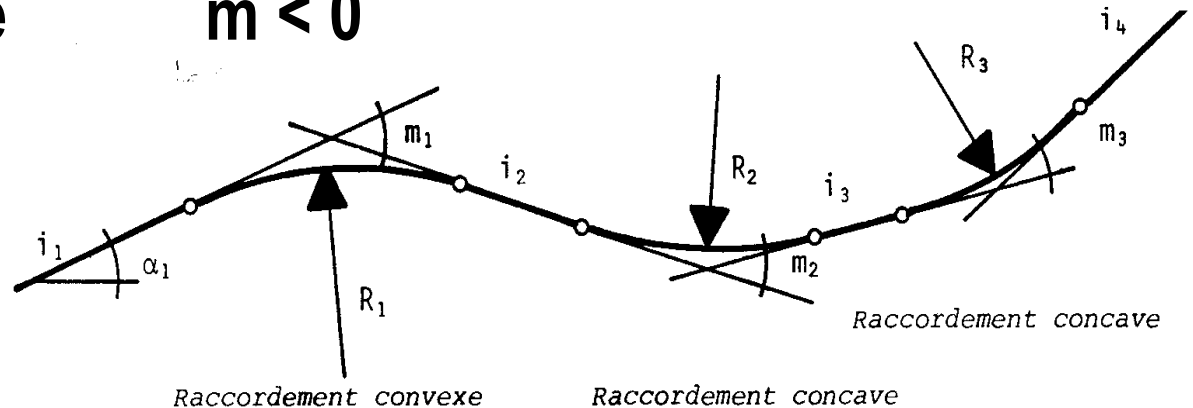
$$m = i_1 - i_2$$

► Raccordement convexe

$$m > 0$$

► Raccordement concave

$$m < 0$$



Rayons verticaux - Valeurs limites

► Garde au sol

►► Faibles vitesses

► Confort

►► Limiter l'accélération verticale

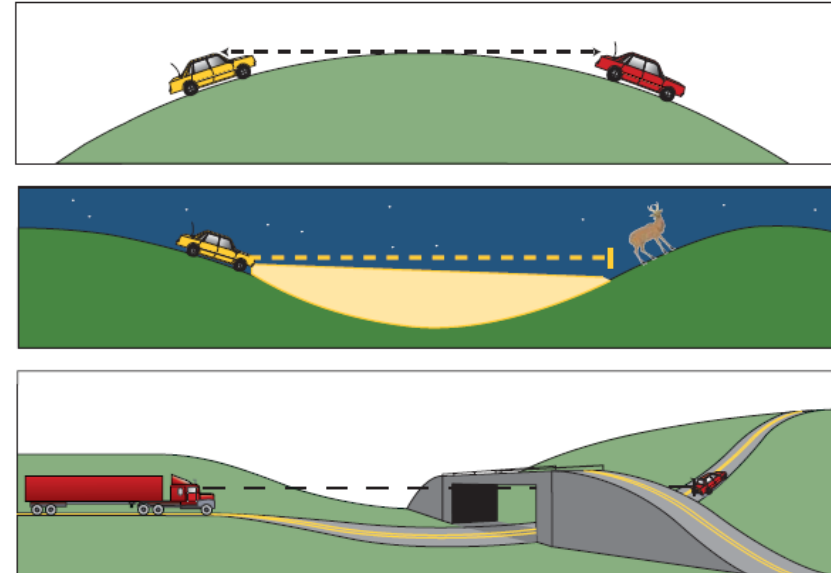
► Visibilité

☐ Voir un obstacle (convexe)

☐ Éclairage des phares (concave)

► Esthétique

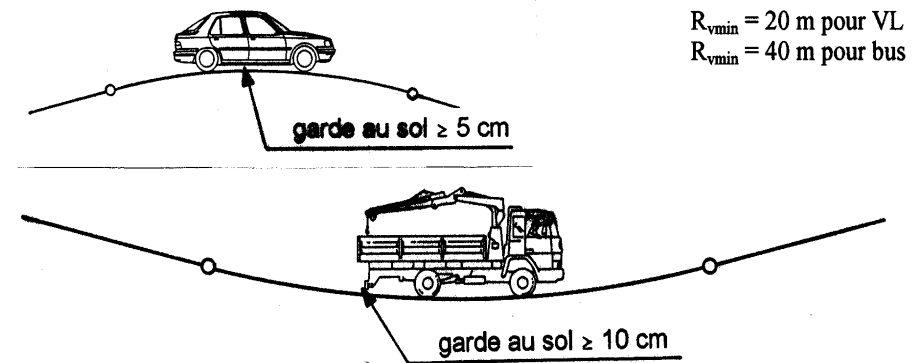
►► Confort optique (concave)



Garde au sol

► Objectif

- Pas de choc chaussée – véhicule
- Réserve de 5 cm
- Concave : porte-à-faux
- Convexe : empattement



► Valeurs minimums

- Convexe $R_v = 20$ m
- Concave $R_v = 40$ m

Accès parkings

- ▶ Rayon minimum
- ▶ En cas d'absence de rayons
 - ▶ Différence de déclivité maximale de 6 %



Confort

► Objectif

- accélération verticale faible
- confort des usagers
- stabilité du chargement

► Valeurs

$$R_{v,min} = \frac{V_p^2}{a_{v,max}} = \frac{V_p^2}{0,8}$$



Visibilité - Rayon convexe

S_1  D_a

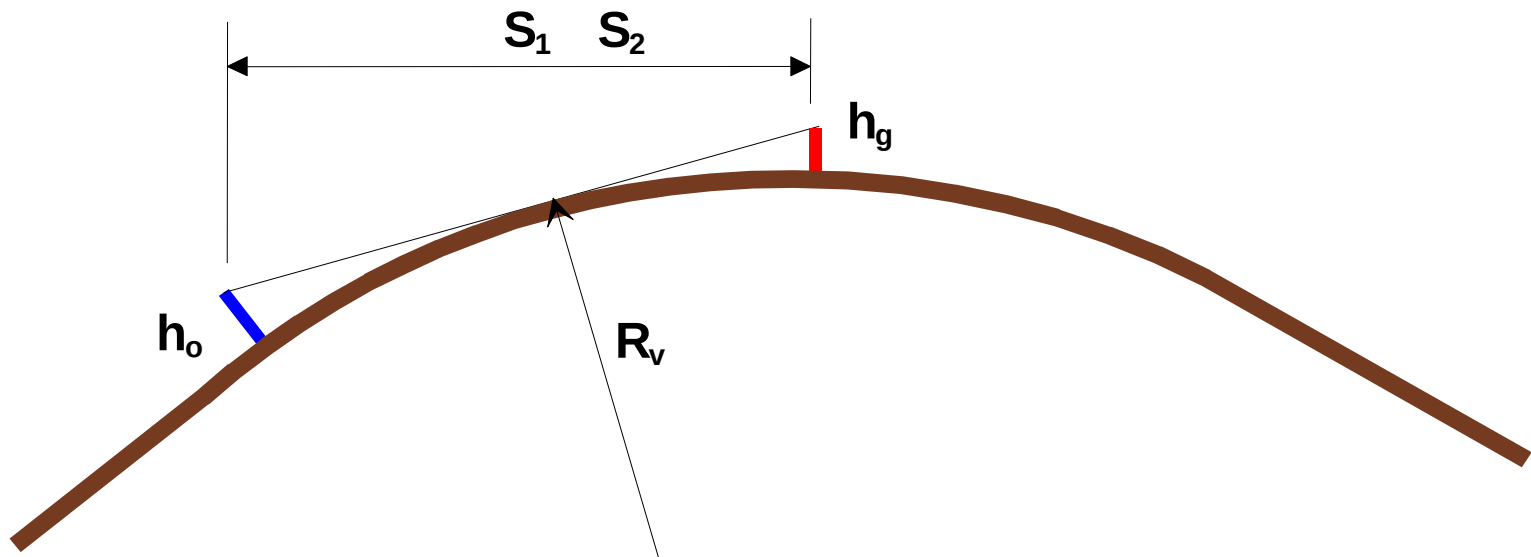
Cas A (1 voie - sens unique)

Cas C (2 voies - dépassement interdit)

S_2  D_r

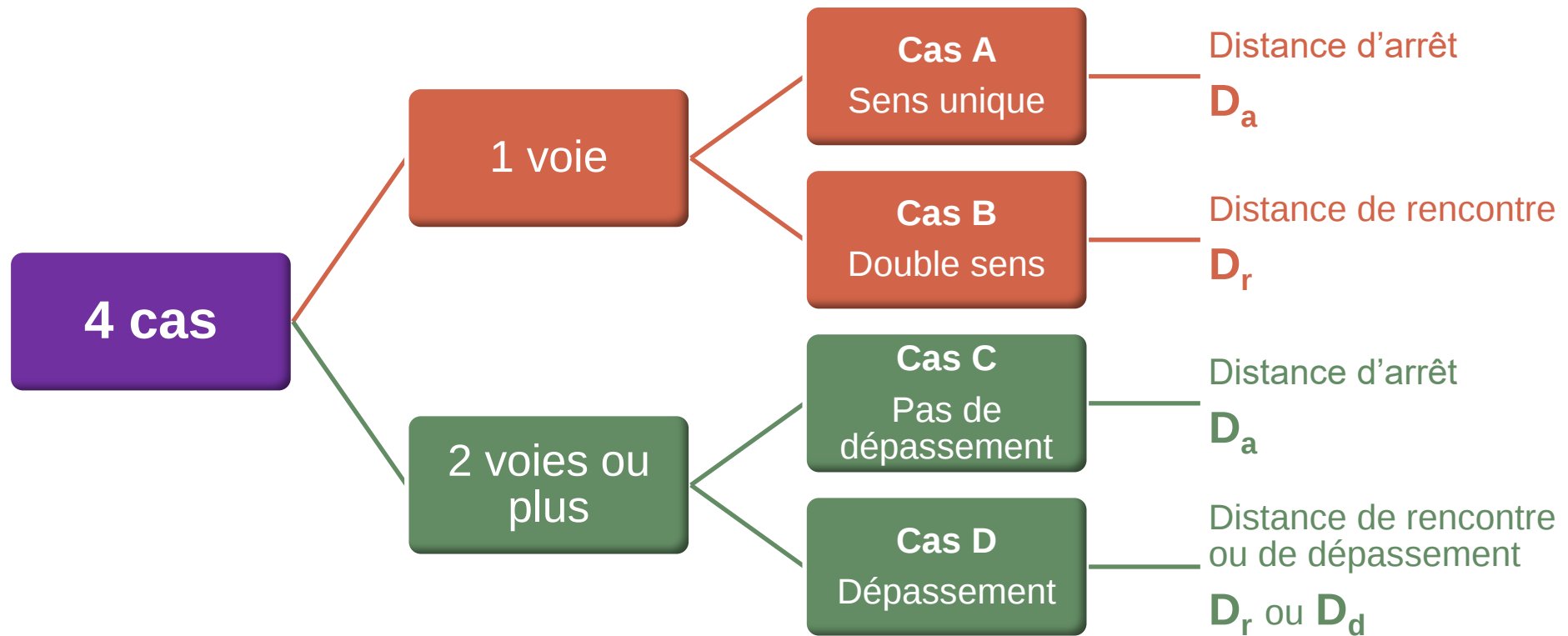
Cas B (1 voie - double sens)

Cas D (2 voies - dépassement autorisé)



Vérifications (rappel)

► Cas possibles



Perte de visibilité en rayon convexe



Distances de visibilité S_1 ou S_2

► Arrêt d'un usager devant un obstacle

- S_1 ou $S_2 < \text{longueur du raccordement}$

$$S_1 \text{ ou } S_2 = \sqrt{2 \cdot R_v} \cdot \sqrt{h_o + h_g} + 2 \cdot \sqrt{h_o \cdot h_g}$$

- S_1 ou $S_2 > \text{longueur du raccordement}$

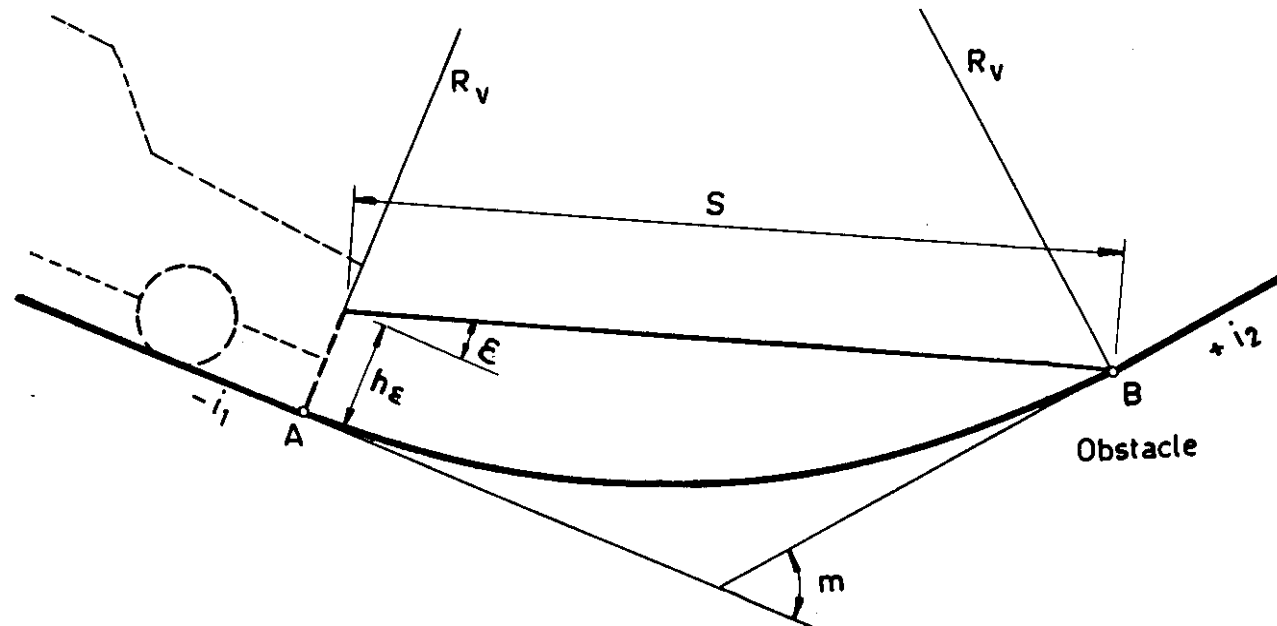
$$S_1 \text{ ou } S_2 = 100 \cdot \frac{h_o + h_g + 2 \cdot \sqrt{h_o \cdot h_g}}{m} + \frac{R_v \cdot m}{200}$$

h_o hauteur de l'œil 1 m

h_g hauteur de l'obstacle $15 \text{ cm } (S_1) \text{ ou } 1,5 \text{ m } (S_2)$

Visibilité - Rayon concave

► Les phares doivent éclairer la route



h_ε hauteur du phare

60 cm

ε demi-angle du pinceau lumineux

1°

Distance de visibilité S_3

► Les phares doivent suffisamment éclairer la route

➤ $S_3 < \text{longueur du raccordement}$

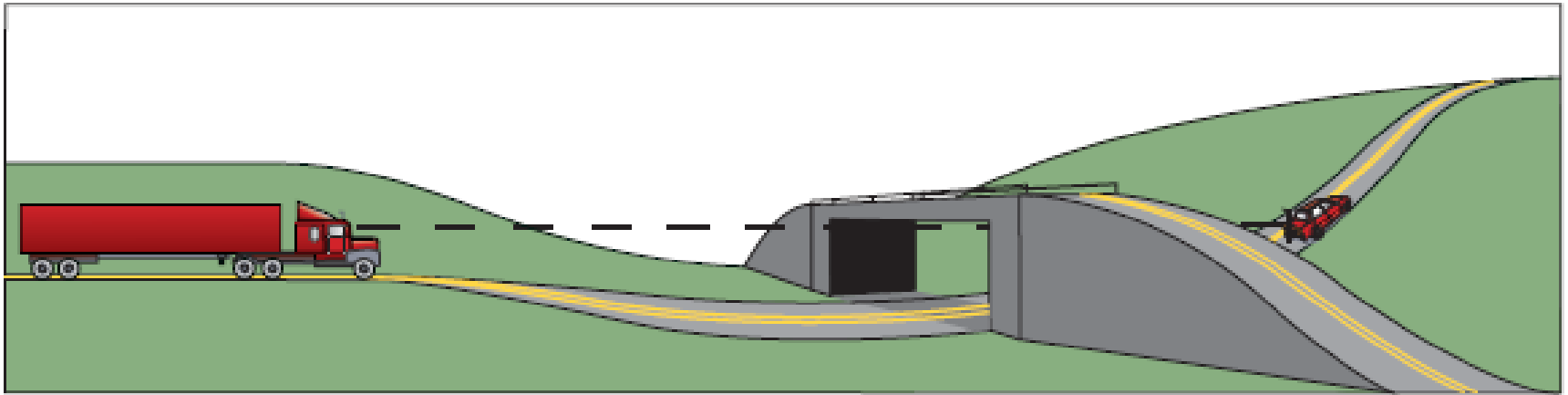
$$S_3 = 2 \cdot R_V \cdot \left(tg \varepsilon + \frac{h_\varepsilon}{S_D} \right)$$

➤ $S_3 > \text{longueur du raccordement}$

$$S_3 = \frac{\frac{R_V \cdot m^2}{10'000} + 2 \cdot h_\varepsilon}{2 \cdot \left(\frac{m}{100} - tg \varepsilon \right)}$$

Visibilité - Rayon concave

► Cas des passages inférieurs P.I.



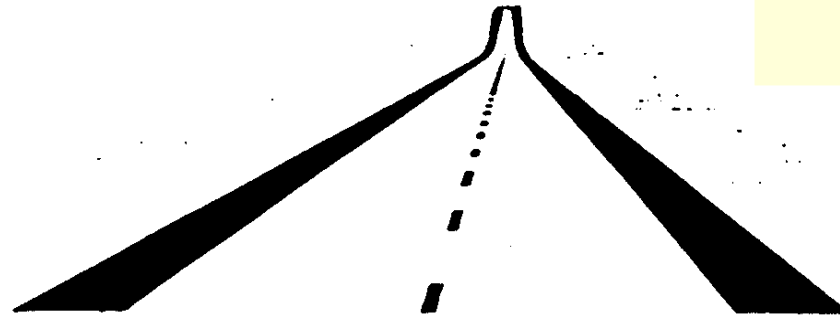
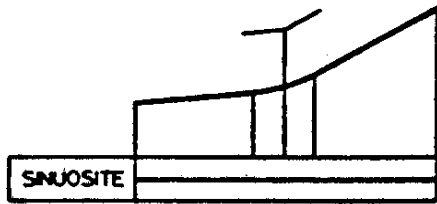
► Vérification du rayon visuel et de la position de la dalle supérieure

Condition esthétique

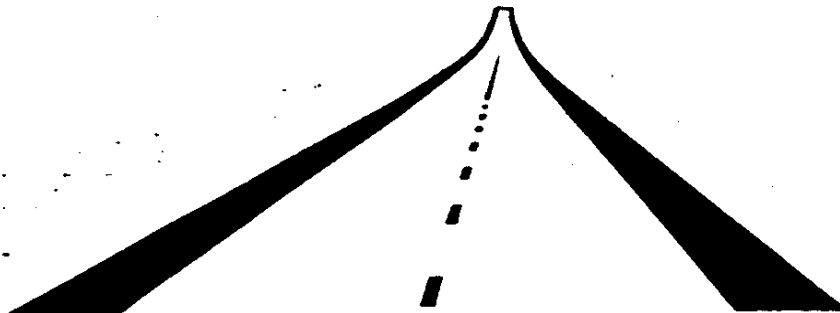
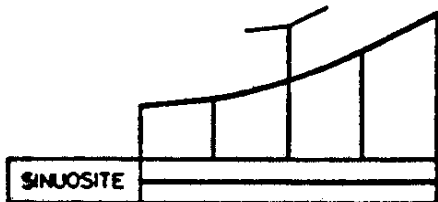
► Rayon concave

$$R_{v,min} = \frac{40'000}{m}$$

a)



b)



Pour éviter une impression de cassure (a), le rayon du raccordement concave doit être choisi aussi grand que possible (b).

Valeurs recommandées

► Normes suisses

► Valeurs conservatrices

Vitesse de projet V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	≥ 110
Valeurs recommandées (m) pour :								
Raccordement convexe	1'500	2'100	3'000	4'200	6'000	8'500	12'500	20'000
Raccordement concave	800	1'200	1'600	2'500	3'500	4'500	6'000	8'000

► Sinon

►► Distances de visibilité

Éléments géométriques

► Tangente verticale

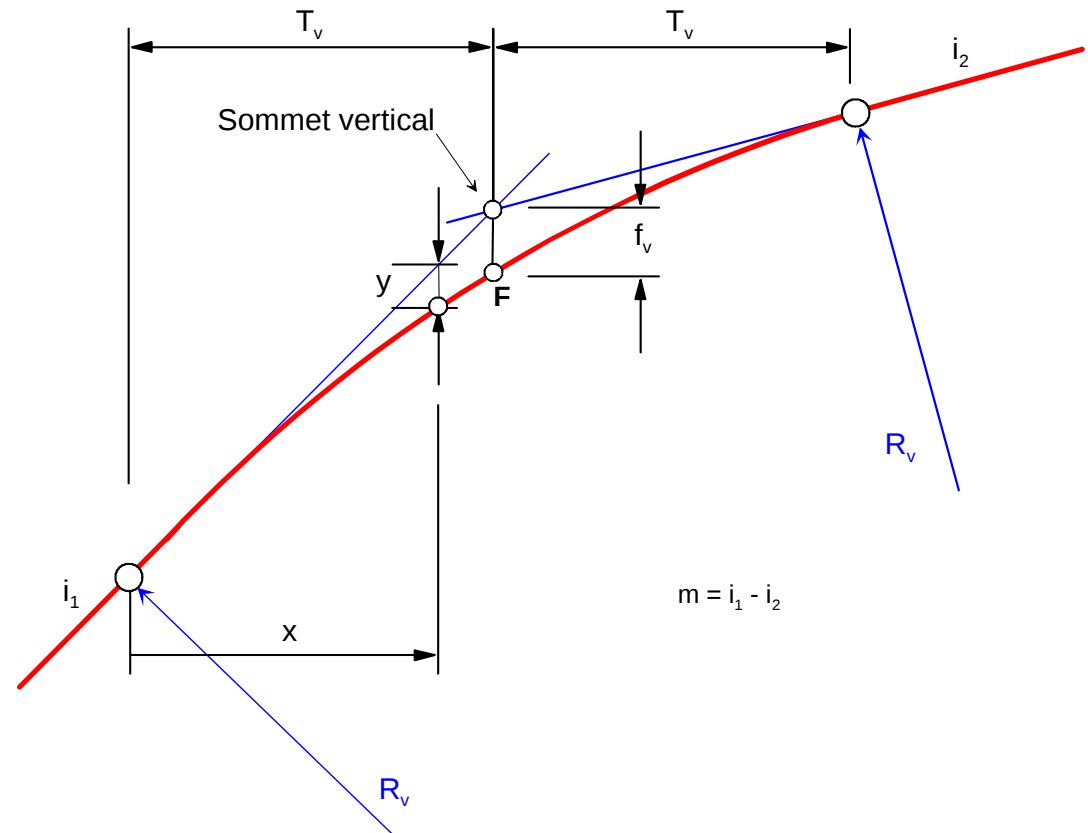
►► $T_v = (R_v \cdot m) / 200$

► Flèche verticale

►► $f_v = (R_v \cdot m^2) / 80'000$

► Point intermédiaire

►► $y = x^2 / (2 \cdot R_v)$



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

