



CIVIL-463.04 VEHICULE ROUTIER

**Base : Chapitres 5.2
à 5.6 du TGC 25**

Le véhicule routier

▶ **Caractéristiques géométriques**

- ▶▶ Dimensions

- ▶▶ Braquage

▶ **Caractéristiques dynamiques**

- ▶▶ Résistances

- ▶▶ Accélération / Décélération

- ▶▶ Visibilité

- ▶▶ Freinage / Arrêt

Le véhicule routier

- ▶ **Comportement en courbe**
 - ▶▶ Renversement
 - ▶▶ Glissement / Dérapage
- ▶ **Coefficient de frottement pneu - chaussée**

Dimensions géométriques

► Parc de véhicules

►► Bases légales OETV - OCR

►► Forte hétérogénéité du parc

► Véhicules à considérer

►► Véhicule **contraignant**

☐ Hauteur sous un ouvrage d'art

►► Véhicule **représentatif**

☐ Cases de stationnement

Accélération

► Véhicules normalisés

**Ordonnance
concernant les exigences techniques requises
pour les véhicules routiers
(OETV)**

741.41

du 19 juin 1995 (Etat le 1^{er} mai 2019)

Le Conseil fédéral suisse,

vu les art. 8, 9, al. 1^{bis}, 2 et 3, 13, al. 2 et 4, 18, al. 2, 20, 25, 30, al. 1 et 4, 41, al. 2^{bis} et 3, 103, al. 1 et 3, et 106, al. 1, 6 et 10, de la loi fédérale du 19 décembre 1958 sur la circulation routière (LCR)^{1,2}

arrête:

Première partie Dispositions générales

Titre premier Introduction

Art. 1³ Objet et champ d'application

¹ La présente ordonnance règle:

- a. les critères de classification des véhicules routiers;
- b. le contrôle en vue de l'immatriculation, le contrôle subséquent et le service antipollution des véhicules routiers;
- c. les exigences techniques requises pour les véhicules routiers.

² Les véhicules utilisables sur une voie ferrée, sur l'eau ou dans les airs sont régis par la présente ordonnance lorsqu'ils circulent sur la voie publique sans devoir emprunter des rails.

³ Les prescriptions de la loi fédérale du 12 juin 2009 sur la sécurité des produits⁴ s'appliquent à titre complémentaire à la mise sur le marché de véhicules non soumis à immatriculation, ainsi qu'à leurs composants et accessoires.

RO 1995 4425

¹ RS 741.01

² Nouvelle teneur selon le ch. I de l'O du 21 nov. 2018, en vigueur depuis le 1^{er} fév. 2019 (RO 2019 253).

³ Nouvelle teneur selon le ch. I de l'O du 16 nov. 2016, en vigueur depuis le 15 janv. 2017 (RO 2016 5133).

⁴ RS 930.11

1

Véhicules exceptionnels

► Transport d'éléments importants



Véhicules exceptionnels

► Train routier en Australie



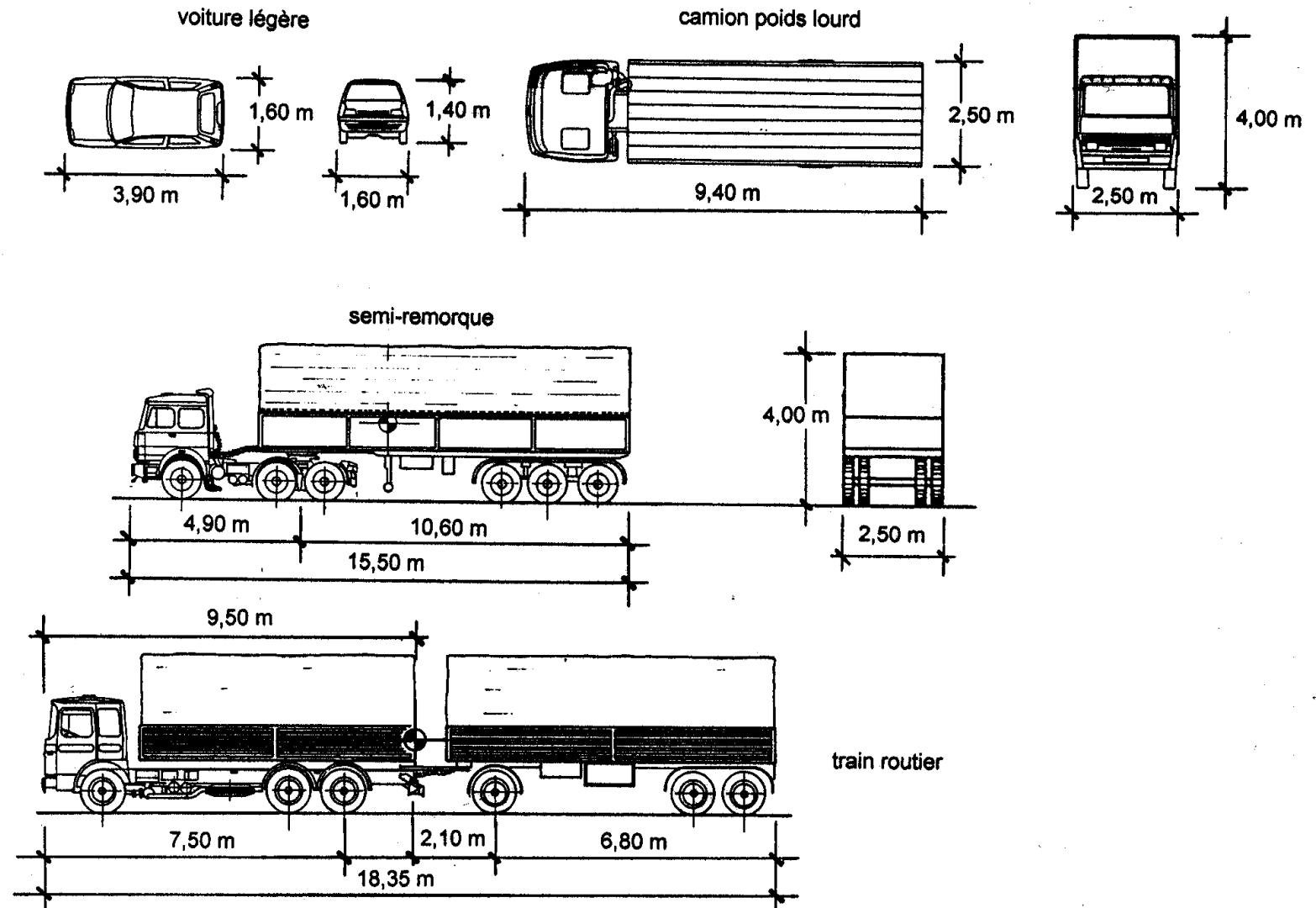
Caractéristiques géométriques

- ▶ **Gabarit d'espace libre**
- ▶ **Rayon minimal des courbes**
- ▶ **Dimensions des places d'arrêt et de croisement**
- ▶ **Surlargeur en courbe**
- ▶ **Visibilité (hauteur de l'œil sur la chaussée)**
- ▶ **Géométrie des changements de déclivités**
- ▶ **Dispositifs de sécurité : glissières, bordures, etc.**
- ▶ **Dimensionnement de la chaussée**

Dimensions des véhicules

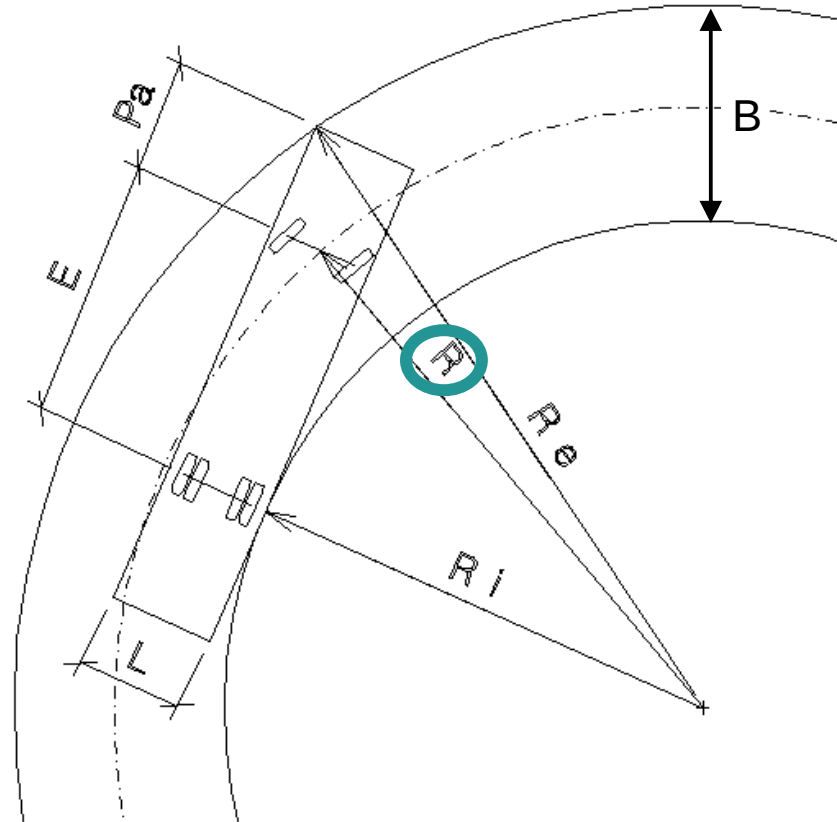
Types de véhicules	Longueur art. 65 OCR [m]	Largeur art. 64 OCR [m]	Hauteur art. 66 OCR [m]	Garde au sol [cm]
Voiture de tourisme VL				
max. admissible (avec remorque)	12,00	2,55	4,00	–
véhicule normalisé	5,00	1,80	1,80	15
Poids lourd PL (sans remorque)				
max. admissible	12,00			
véhicule normalisé	10,00	max admissible	max admissible	
Autocars	15,00	≡ véhicule normalisé	≡ véhicule normalisé	20
Véhicule articulé (semi-remorque)				
max admissible ≡ véhicule normalisé	16,50	2,55	4,00	
Train routier TR et bus à plate-forme pivotante				
max admissible ≡ véhicule normalisé	18,75			
Moto et vélo				
espace nécessaire ≡ véhicule normalisé	2,30	0,60	2,00	–

Dimensions des véhicules



Géométrie de braquage

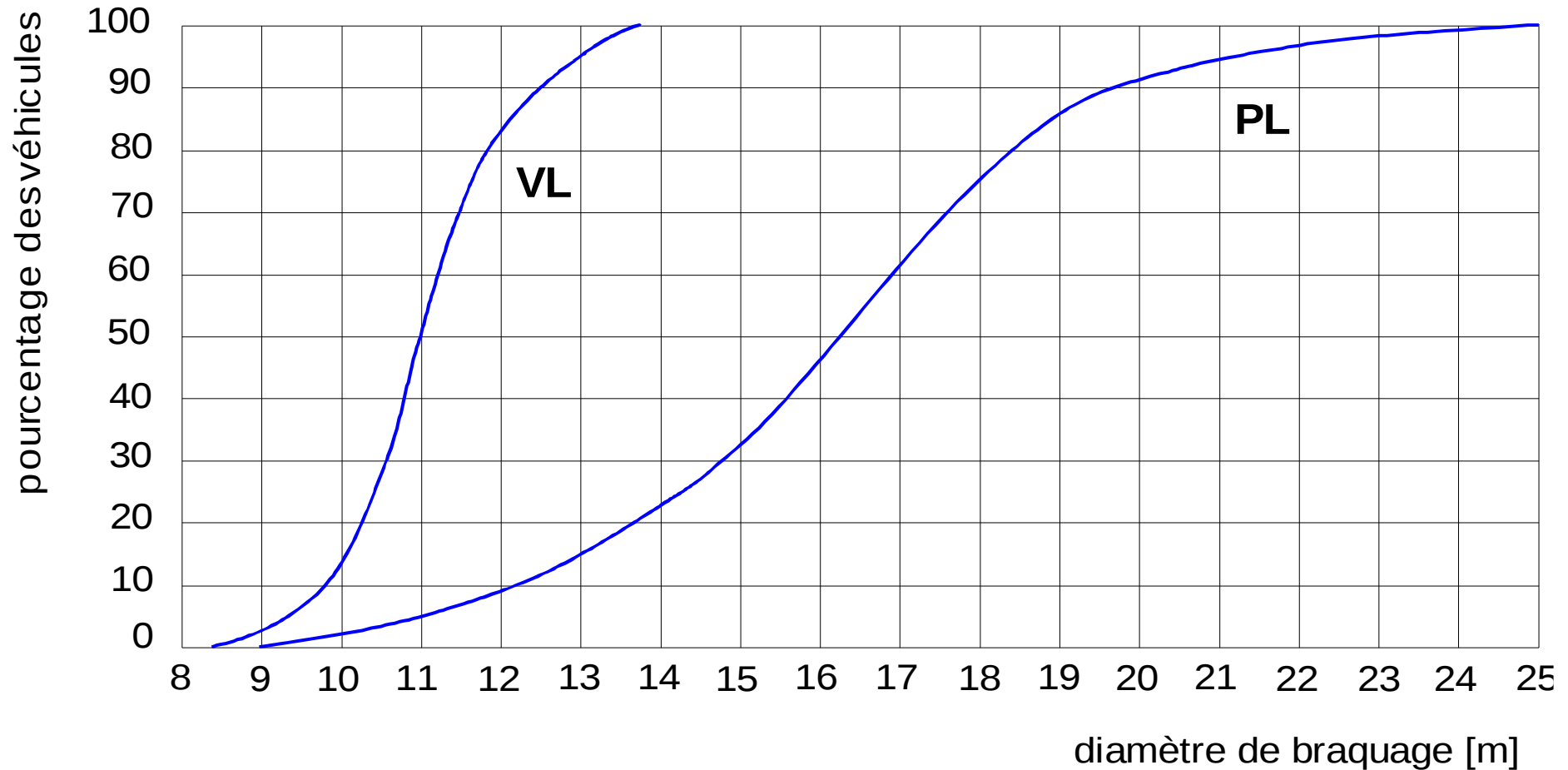
- R_i rayon intérieur de braquage
- R rayon auxiliaire de braquage
- R_e rayon extérieur de braquage
- E empattement
- P_a porte-à-faux avant
- L largeur du véhicule



$$R_i = \sqrt{R^2 - E^2} - \frac{L}{2}$$

$$R_e = \sqrt{\left(\sqrt{R^2 - E^2} + \frac{L}{2}\right)^2 + (E + P_a)^2}$$

Valeurs usuelles



Valeurs normalisées

► Article 40, al. 1 de l'OETV

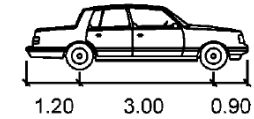
« Les voitures automobiles et les ensembles de véhicules, vides et chargés, doivent pouvoir se mouvoir dans les limites d'une surface annulaire d'un diamètre extérieur de 25 m et d'un diamètre intérieur de 10,60 m, sans que la projection d'une partie du véhicule sur la chaussée - à l'exception des rétroviseurs et des clignoteurs de direction avant - soit située hors de la surface de l'anneau »

Valeurs normalisées

► VSS 40 198a

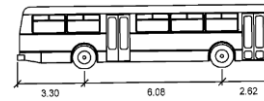
Voiture automobile légère

Largeur : 1,90 m
 Voie : 1,80 m
 Longueur : 5,10 m
 Empattement : 3,00 m
 Rayon de braquage : 6,50 m



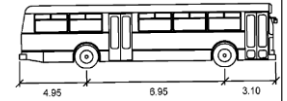
Bus (L = 12 m)

Largeur : 2,50 m
 Voie : 2,00 m
 Longueur : 12,00 m
 Empattement : 6,08 m
 Rayon de braquage : 9,50 m



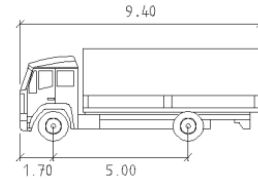
Bus (L = 15 m)

Largeur : 2,50 m
 Voie : 2,40 m
 Longueur : 15,00 m
 Empattement : 6,08 m
 Rayon de braquage : 8,40 m



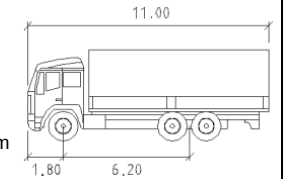
Camion 1

Largeur : 2,60 m
 Voie : 2,50 m
 Longueur : 9,40 m
 Empattement : 5,00 m
 Rayon de braquage : 7,50 m



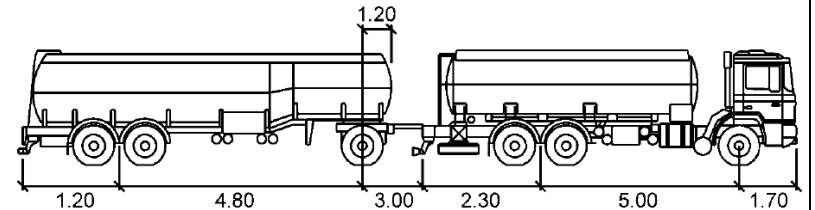
Camion 2

Largeur : 2,60 m
 Voie : 2,50 m
 Longueur : 11,00 m
 Empattement : 5,00 m
 Rayon de braquage : 10,00 m



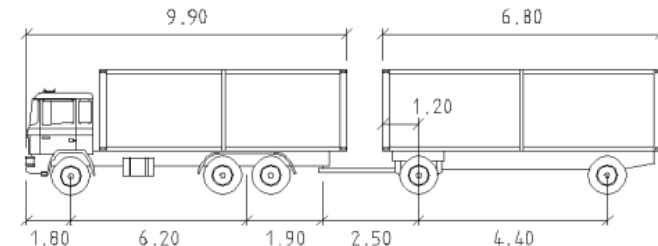
Camion-remorque 1

Largeur : 2,50 m
 Voie : 2,20 m
 Longueur : 18,00 m
 Rayon de braquage : 7,50 m



Camion-remorque 2

Largeur : 2,50 m
 Voie : 2,20 m
 Longueur : 18,00 m
 Rayon de braquage : 10,00 m



Formules de giration

► www.autoturn.ch

AUTOTURN.CH

FORMULES DE GIRATION VÉHICULES SPÉCIAUX AUTOTURN EN SUISSE FORMATION DÉMONSTRATION CONTACT

FORMULES DE GIRATION / GYRATIONSFORMELN

Trajectoire Circulaire Des Véhicules Équations De Base Et Utilitaires De Calcul

 VÉHICULE SIMPLE	 SEMI-REMORQUE	 CAMION AVEC REMORQUE	 BUS ARTICULÉ
RAYON DE BRAQUAGE	RAYON DE BRAQUAGE	RAYON DE BRAQUAGE	RAYON DE BRAQUAGE
RAYON INTÉRIEUR	RAYON INTÉRIEUR	RAYON INTÉRIEUR	RAYON INTÉRIEUR
RAYON EXTÉRIEUR	RAYON EXTÉRIEUR	RAYON EXTÉRIEUR	RAYON EXTÉRIEUR
ANGLE DE BRAQUAGE	ANGLE DE BRAQUAGE	ANGLE DE BRAQUAGE	ANGLE DE BRAQUAGE

Choisissez le paramètre déterminant en cliquant sur l'un des boutons ci-dessus.

Ces formulaires ont été développés et mis en ligne avec la collaboration du [LAVOC](#) (ENAC - EPFL)

Formules de giration

Véhicule Simple : Rayon Intérieur

Géométrie du véhicule:

Pa = Porte à faux avant [m] :

1.8

E = Empattement [m] :

6.2

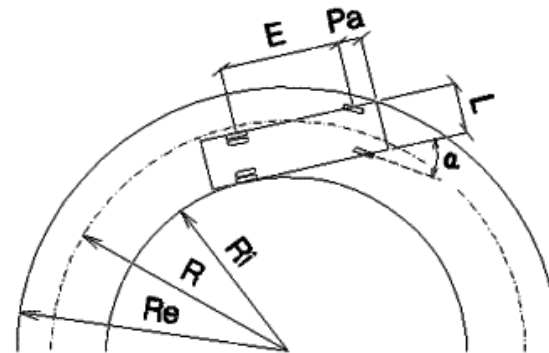
L = Largeur [m] :

2.5

Variable:

Ri = Rayon intérieur [m] :

5.35



Pour changer de variable, cliquez sur Re, R ou α

CALCULER =>

Résultat:

Rayon de braquage [m] $R = \sqrt{\left(R_i + \frac{L}{2}\right)^2 + E^2 - P_f^2 + E_f^2}$ = 9.055

Rayon extérieur [m] $R_e = \sqrt{\left(\sqrt{R^2 - E^2} + \frac{L}{2}\right)^2 + (E + Pa)^2}$ = 11.208

Angle de braquage [°] $\alpha = \arcsin\left(\frac{E}{R}\right)$ = 43.210

Largeur balayée [m] $Re - Ri$ = 5.858

Surlargeur [m] $Largeur\ balayée - Largeur$ = 3.358

Eclairage & Visibilité

► Hauteur de l'œil du conducteur

VL : $H_o = 1,00 \text{ m}$

PL : $H_o = 2,00 \text{ m}$

► Eclairage des phares

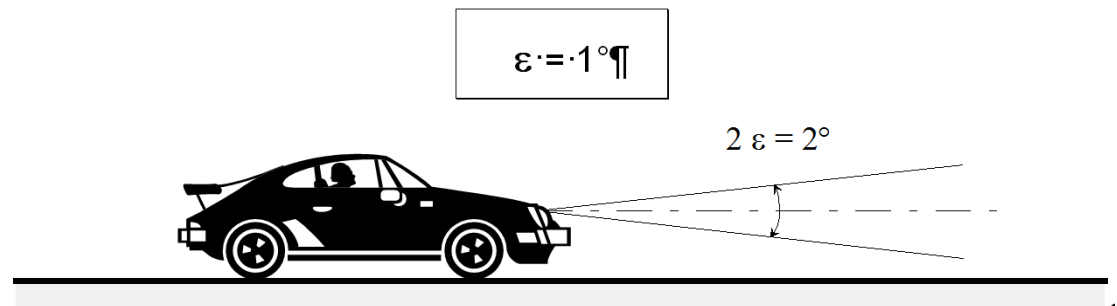
►► Feux de route

☐ 100 m

►► Feux de croisement

☐ 50 m gauche

☐ 75 m droite



Courbe de performance

► Puissance

►► Moment **M**

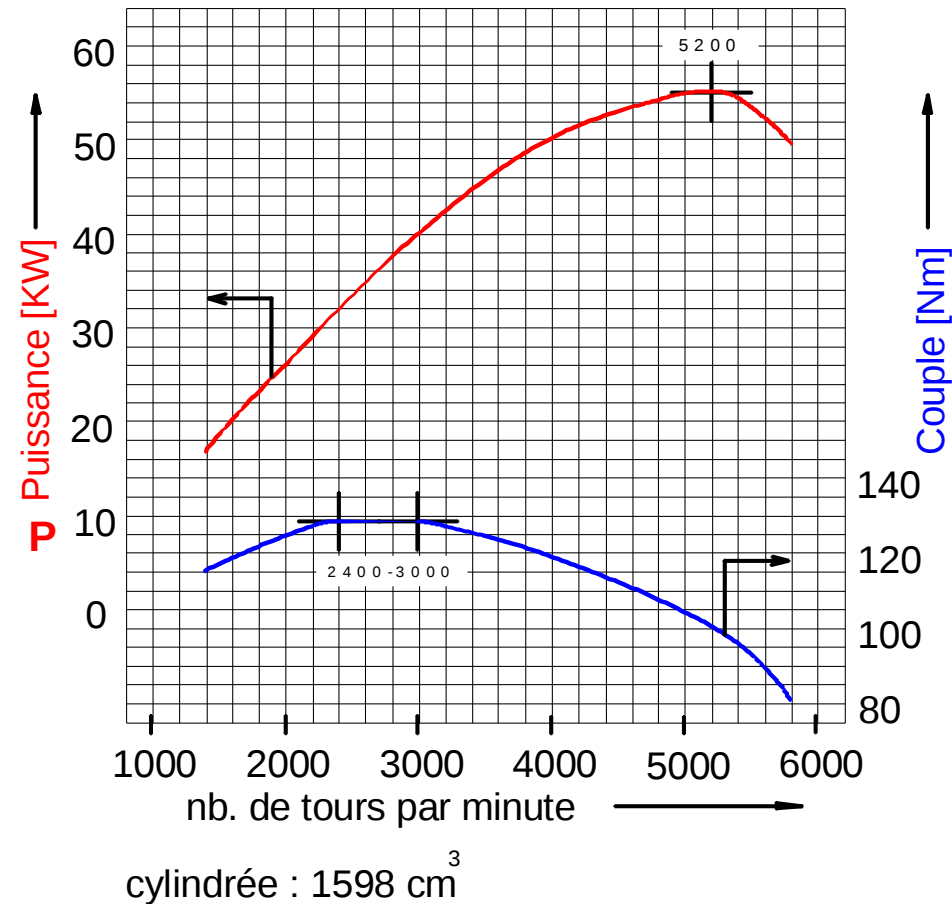
►► Vitesse angulaire **n**

► Force de traction à la jante

$$F_{\text{tract}} = \frac{\eta \cdot P}{v}$$

► Vitesse du véhicule $v = \frac{n}{141 \cdot u}$

$u \rightarrow$ rapport de la transmission: 3,45-en-1^{ère}, 1,25-en-3^{ème} et 0,74-en-5^{ème}



Résistances au mouvement

► Roulement R_r

$$R_r = k_r \cdot \text{poids du véhicule}$$

►► Coefficient k_r

►► Type de revêtement

☐ Béton ou enrobé bitumineux

$$k_r = 1,3 \%$$

☐ Pavés et gravier compacté

$$k_r = 3,0 \%$$

☐ Terre et gravier non compactés

$$k_r = 5,0 \%$$

☐ Rails de chemin de fer

$$k_r = 0,2 \%$$

Résistances au mouvement

► Résistance de l'air R_a

►► Coefficient de forme C_x selon véhicule → 0,4 à 1,0

►► Surface frontale S m^2

►► Vitesse relative m/s

□ Intervient au carré !

►► Densité de l'air ρ $1,29 \text{ kg} / m^3$

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$$

Résistances au mouvement

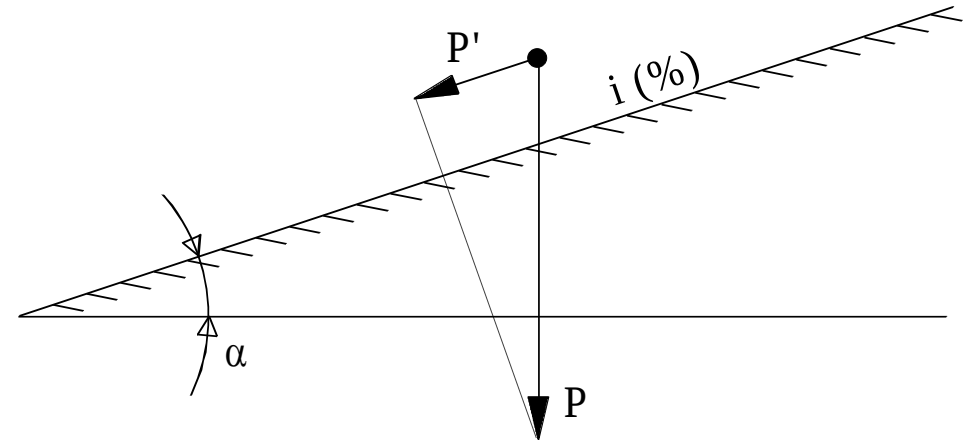
► Déclivité R_d

- Pente ou rampe
- Angle ou pourcentage

► Inertie R_i

- Accélération

$$R_i = P \cdot \gamma / g$$



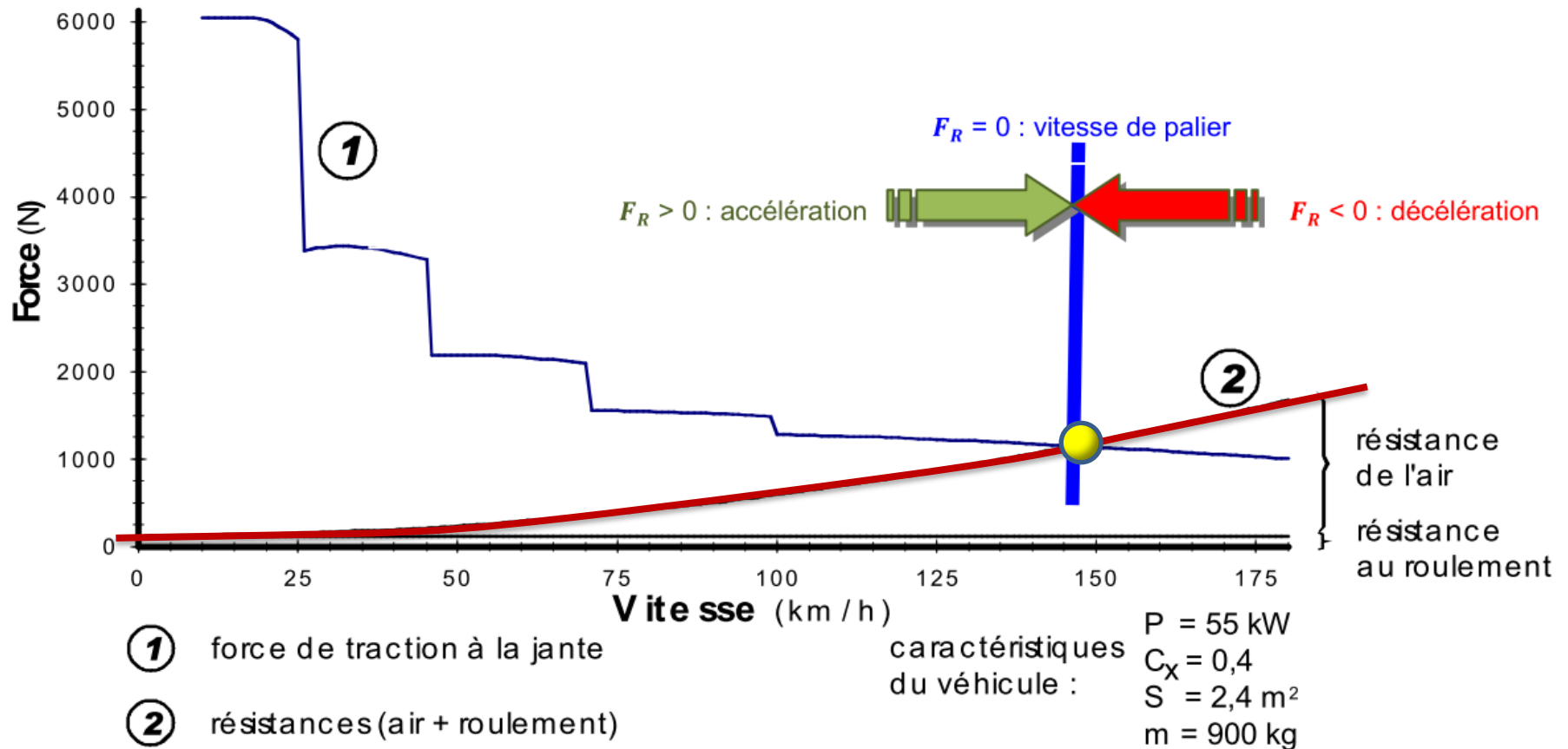
$$R_d = \pm P \cdot \sin \alpha$$

Résistances au mouvement

► Équilibre des forces

- Force de traction = Σ résistances au mouvement
- Vitesse en palier
- Plus d'accélération

Exemple



Accélération

► Variable

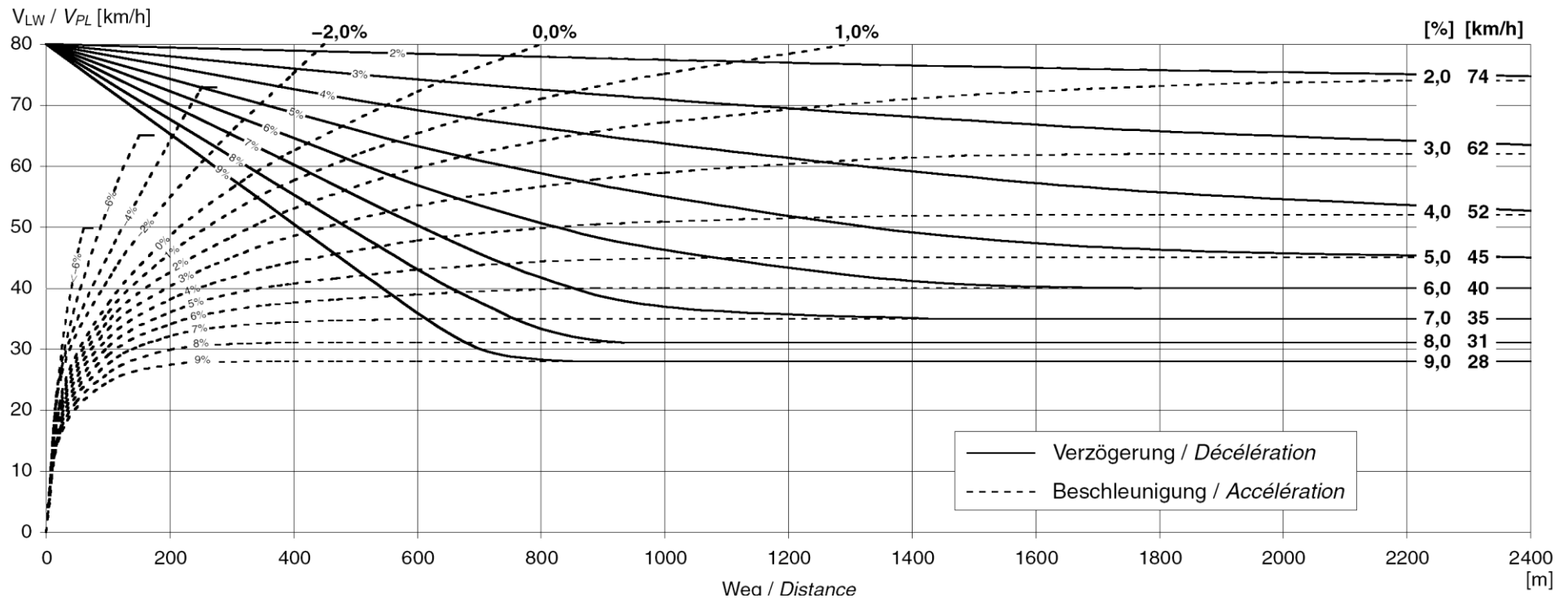
►► Véhicule

►► Gamme de vitesses

		Variation de vitesse (km/h)			
		0 ÷ 10	0 ÷ 30	0 ÷ 50	0 ÷ 75
Accélération γ (m/s ²)	Véhicules légers VL	2,3	2,0	1,5	0,75
	Poids lourds PL	0,9	0,8	0,7	0,55
	Bus urbains	1,3	0,8		
	Trolleybus	1,5	1,3		
	Tramways	1,7	1,4		

Accélération des PL

► Valeurs empiriques



Décélération

► Adaptation au tracé

Adaptation de la vitesse le long du tracé	accélération $\gamma \approx 0,8 \text{ m/s}^2$ décélération $\gamma \approx 1,0 \text{ m/s}^2$
Approche des carrefours et présélections	accélération $\gamma = 1,0 \text{ m/s}^2$ décélération $\gamma = 2,0 \text{ m/s}^2$

Distance de freinage D_f

► Hypothèses simplificatrices

- Déclivité constante et faible
- Résistance de l'air négligée
- Adhérence constante
- Poids du véhicule total
- E_c se dissipe par les freins

Distance de freinage D_f

► Principe de détermination

►► $E_c = \text{force de frottement} \cdot D_f$

► Paramètres

►► Vitesse initiale

V_i

►► Coefficient de frottement longitudinal

CFL

►► Déclivité longitudinale

i

Distance de freinage D_f

► Formule simplifiée

$$D_f = \frac{V_i^2}{2 \cdot g \cdot (CFL \pm i)}$$

► Si $CFL \sim -i$

►► D_f infinie

►► Glissement longitudinal

►► Descente verglacée

□ CFL tend vers 0,1

□ $i = -10\% = -0,1$

Distance de freinage D_f

- Prise en compte de la résistance de l'air

$$D_f = \frac{V_i^2}{2 \cdot \left[g \cdot (CFL \pm i) + \frac{W}{m} \right]}$$

- Peu de différence

Distance d'arrêt

- ▶ **Prise en compte du temps parcouru durant la réaction**
 - ▶▶ Généralement 2 secondes de réaction

$$D_a = V_i \cdot t_r + \frac{V_i^2}{2 \cdot g \cdot (CFL \pm i)}$$

Vérification de la sécurité routière

- ▶ **Comparaison de deux types de distances**
- ▶ **Distances de visibilité S_i**
 - ▶▶ Géométrie de la route et son environnement
 - ▶▶ Indépendante du véhicule et de l'utilisateur
 - ▶▶ 4 types de distances de visibilité S_1 à S_4 selon les paramètres géométriques considérés dans l'analyse

Vérification de la sécurité routière

► Distances liée au véhicule D_i

- Dynamique du véhicule
- Comportement de l'utilisateur
- Conditions de surface de la chaussée
- 3 types de distances possibles selon les différentes configurations de circulation

Vérification de la sécurité routière

► Vérification de l'inéquation

$$\min(S_1, S_2, S_3, S_4) \geq D_i$$

Distance liée au véhicule

- ▶ 3 distances à considérer

- ▶ Distance d'arrêt

D_a

- ▶ Distance de visibilité de rencontre

D_r

- ▶ Distance de visibilité de dépassement

D_d

Distance de visibilité de rencontre D_r



► Somme des distances d'arrêt aller + retour

$$D_r = D_{a, \text{aller}} + D_{a, \text{retour}}$$

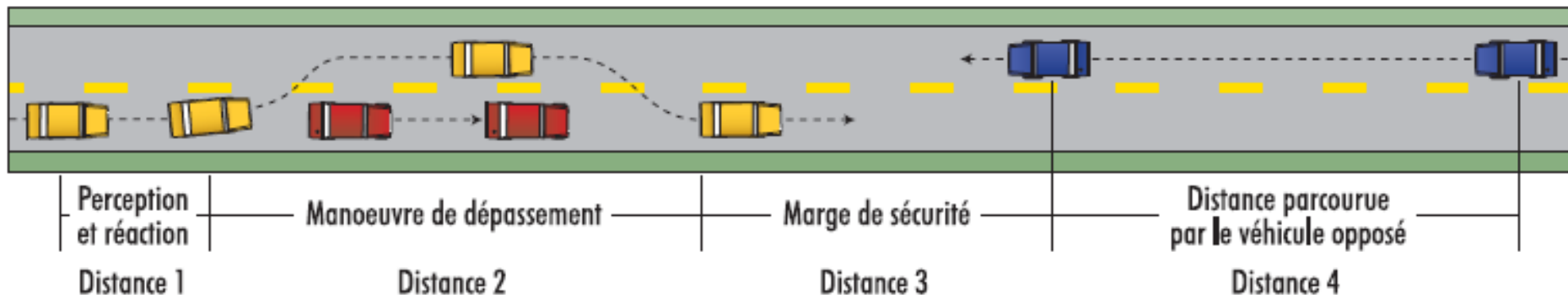
► Formule simplifiée

$$D_r = 2 \cdot D_a$$

►► Déclivité i négligeable

►► Vitesse des 2 véhicules équivalentes

Distance de visibilité de dépassement D_d



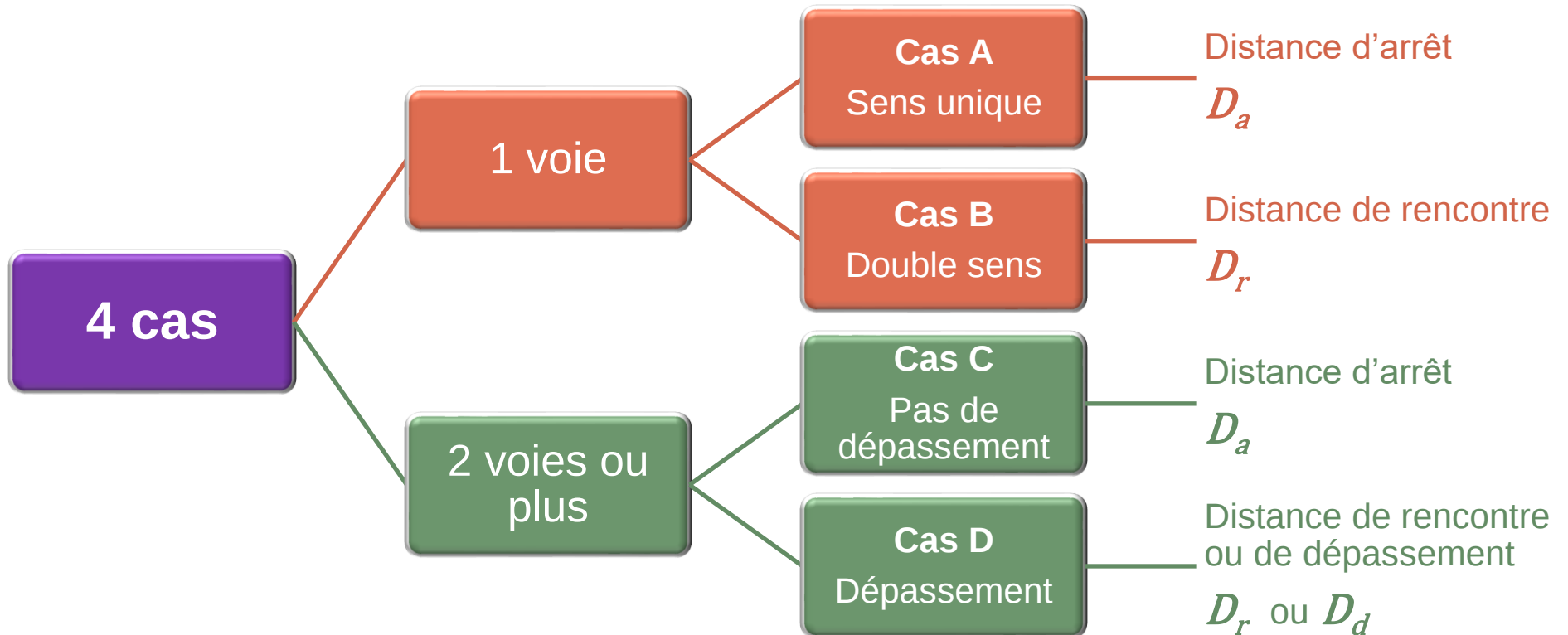
► Dépend de la vitesse du véhicule

► Valeurs (norme Suisse)

Vitesse (km/h)	60	70	80	90	100
Distance de dépassement D_d (m)	450	500	550	575	625

Vérifications

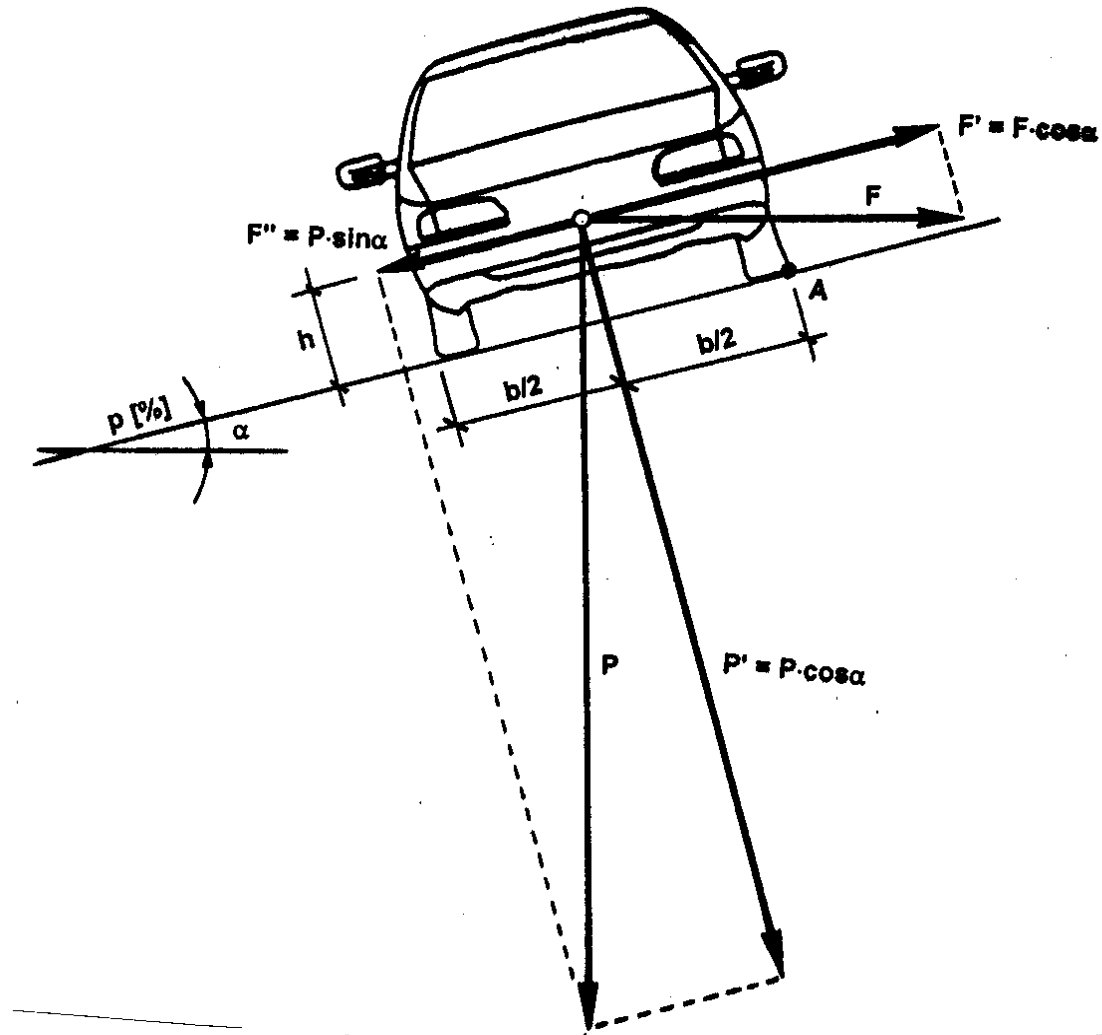
► Cas possibles



Comportement en courbe

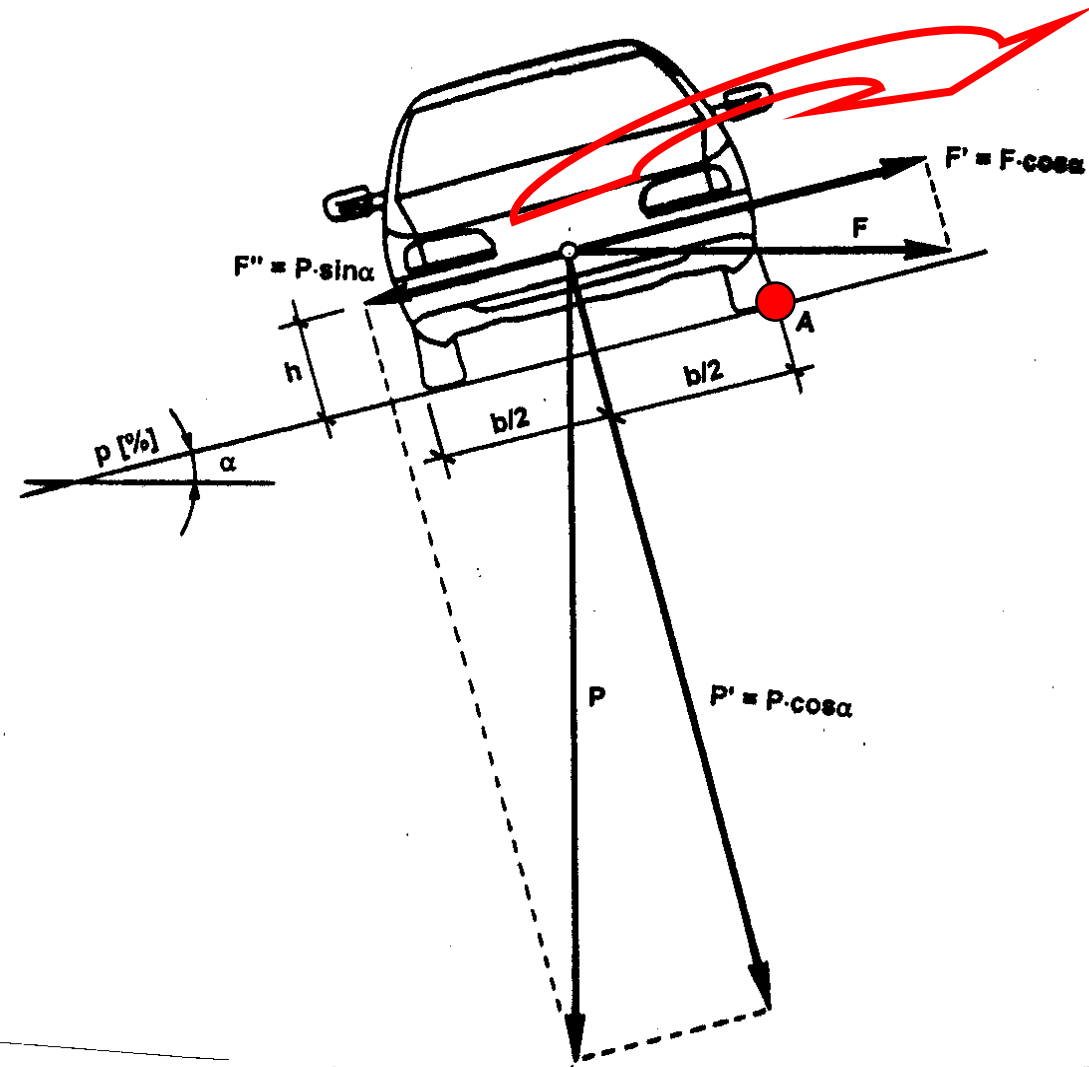
- Force centrifuge
- Renversement
- Dérapage - Glissement

$$F = m \cdot \frac{V^2}{R}$$



Renversement

- Force centrifuge
- Rotation autour de A
- b demi-voie
- h hauteur centre de gravité



Renversement



Renversement



Renversement

$$(P \cdot \cos \alpha + F \cdot \sin \alpha) \cdot \frac{b}{2} = (F \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \alpha) \cdot h$$

$M_{\text{stabilisant}}$

$M_{\text{renversant}}$

$$\text{Rayon minimum } R \geq \frac{v^2}{g} \cdot \left[\frac{h - \frac{b}{2} \cdot \tan \alpha}{\frac{b}{2} + h \cdot \tan \alpha} \right] \text{ [m]}$$

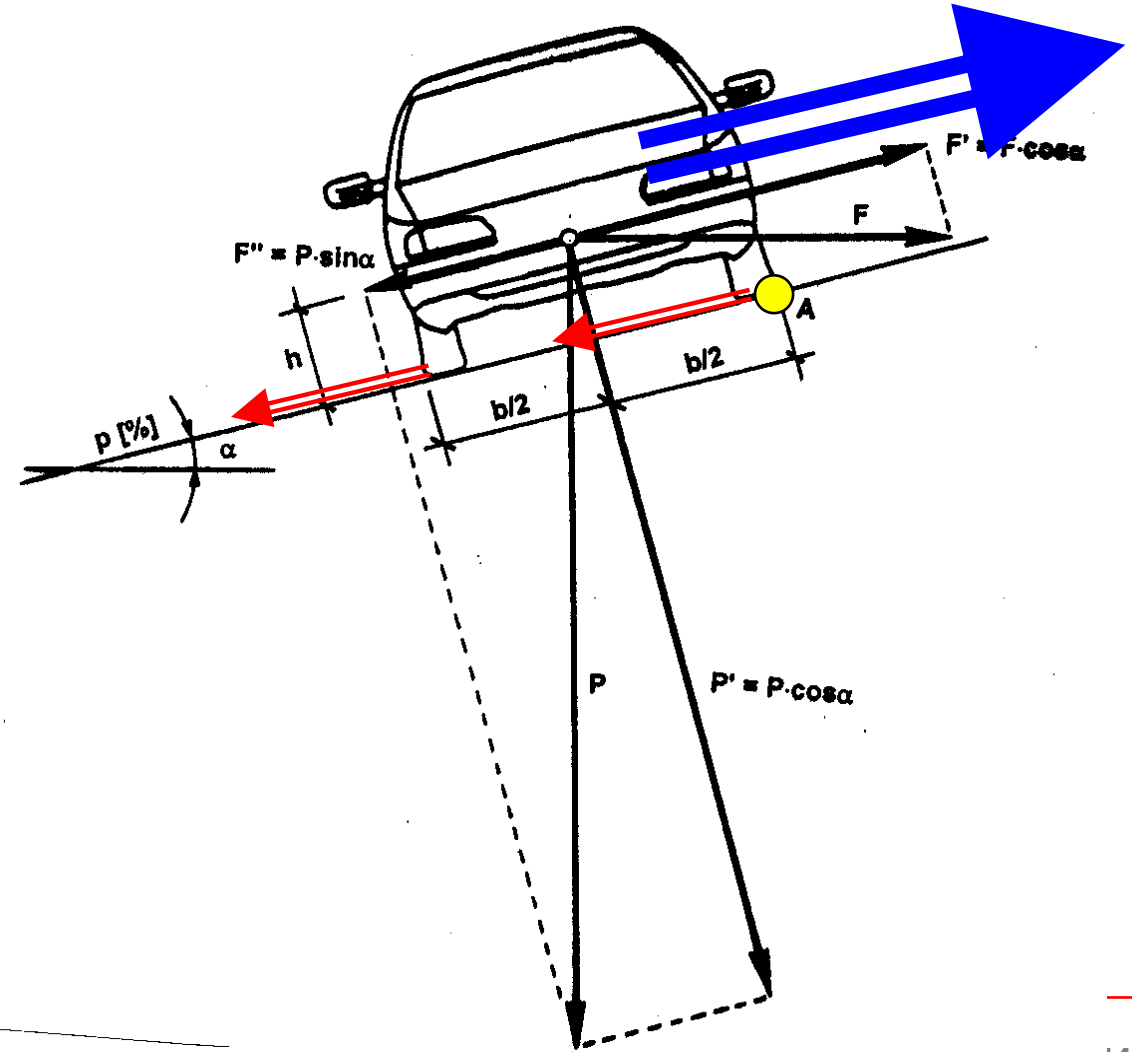
$$R_{\min,r} = \frac{2 \cdot V^2 \cdot h}{g \cdot b}$$

Dérapiage



Dérapiage

- Force centrifuge
- Glissement vers l'extérieur



Dérapiage

$$|(P \cdot \cos \alpha + F \cdot \sin \alpha) \cdot f_T| > |(F \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \alpha)|$$

$$R \geq \frac{v^2}{g} \cdot \left[\frac{\cos \alpha - f_T \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + f_T \cdot \cos \alpha} \right] \text{ [m]}$$

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

$$R_{min,d} = \frac{v^2}{g \cdot (CFT \pm p)}$$

Formules

► Renversement

$$R_{min,r} = \frac{2 \cdot V^2 \cdot h}{g \cdot b}$$

► Dérapage

$$R_{min,d} = \frac{V^2}{g \cdot (CFT \pm p)}$$

Paramètres

► Renversement & Dérapage

- Rayon de la courbe **R**
- Vitesse du véhicule **V** (au carré !)

► Renversement

- Largeur de la voie **b**
- Hauteur du centre de gravité **h**

► Dérapage

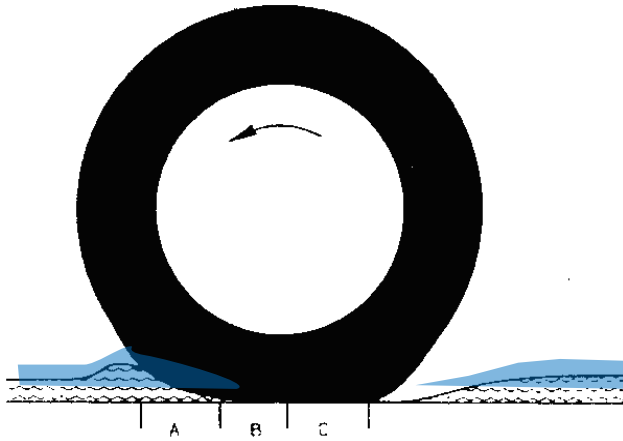
- Dévers **p**
- Coefficient de frottement transversal **CFT**

Coefficient de frottement

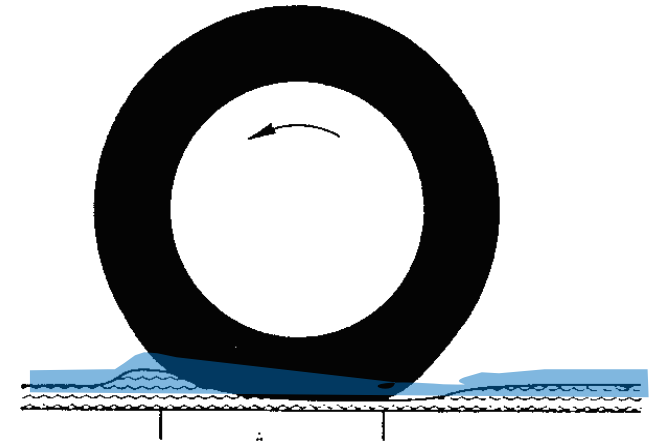
- ▶ **Conditions atmosphériques**
 - ▶▶ Pluie - hydroplanage
 - ▶▶ Verglas
- ▶ **Rugosité du revêtement**
 - ▶▶ Micro et macro-rugosité
- ▶ **État des pneumatiques**
- ▶ **Vitesse du véhicule**
- ▶ **Taux de glissement de la roue**

Conditions atmosphériques

► Hydroplanage



Pneumatique roulant sur chaussée mouillée
en adhérence partielle.
A. Zone de film d'eau continu.
B. Zone de transition.
C. Zone de contact sec.



Pneumatique en hydroplanage.
La zone A s'est étendue à toute l'aire de contact.

► Dépend de ...

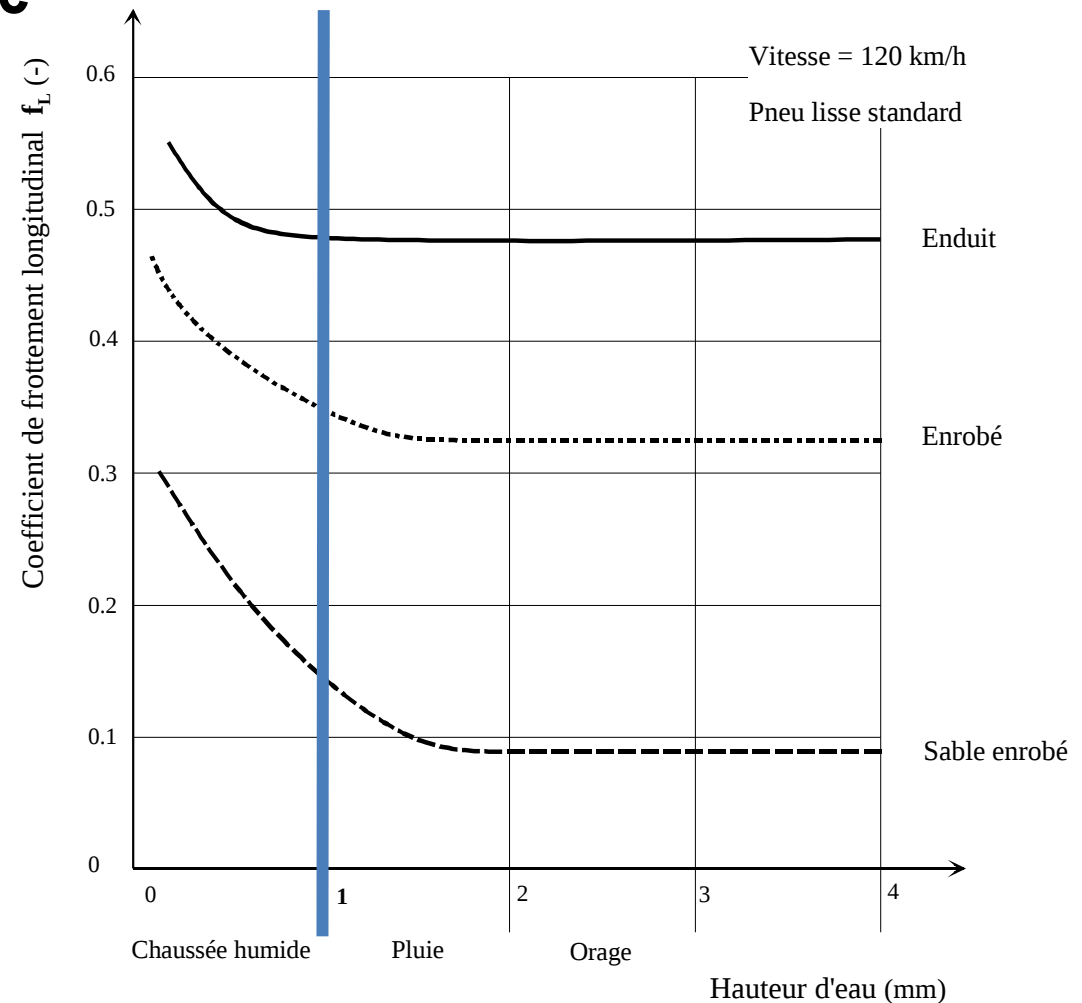
►► ... vitesse

profondeur des sculptures

Conditions atmosphériques

► Hauteur d'eau normalisée

►► 1 mm



Rugosité du revêtement

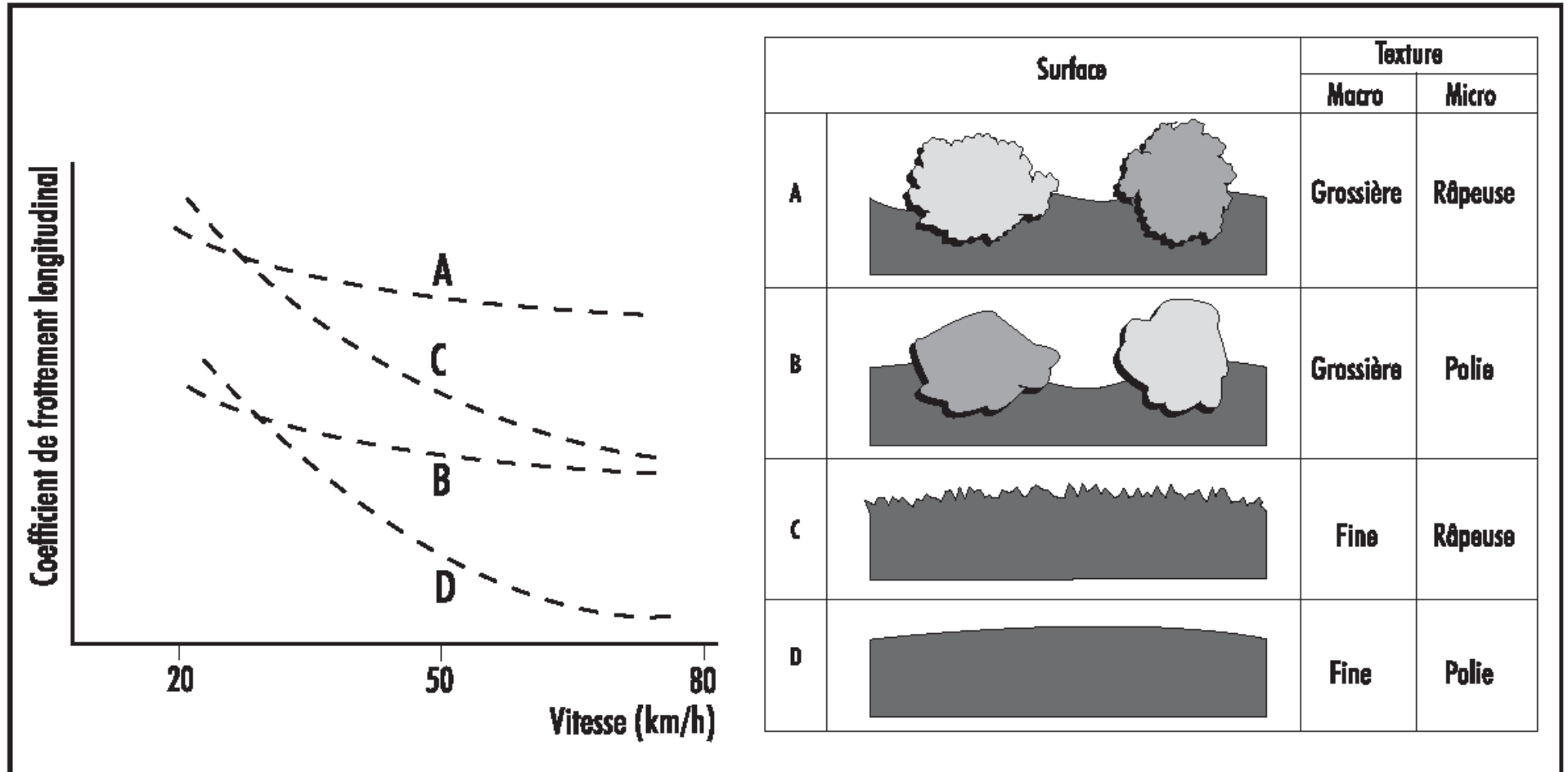
► Microrugosité

- Rugosité résultant de la surface des granulats (qualité des gravillons) assure le contact sec pneu - chaussée

► Macrorugosité

- Rugosité due au mélange de granulats de diamètres différents permet le drainage de l'eau de surface

Rugosité du revêtement



Etat des pneumatiques

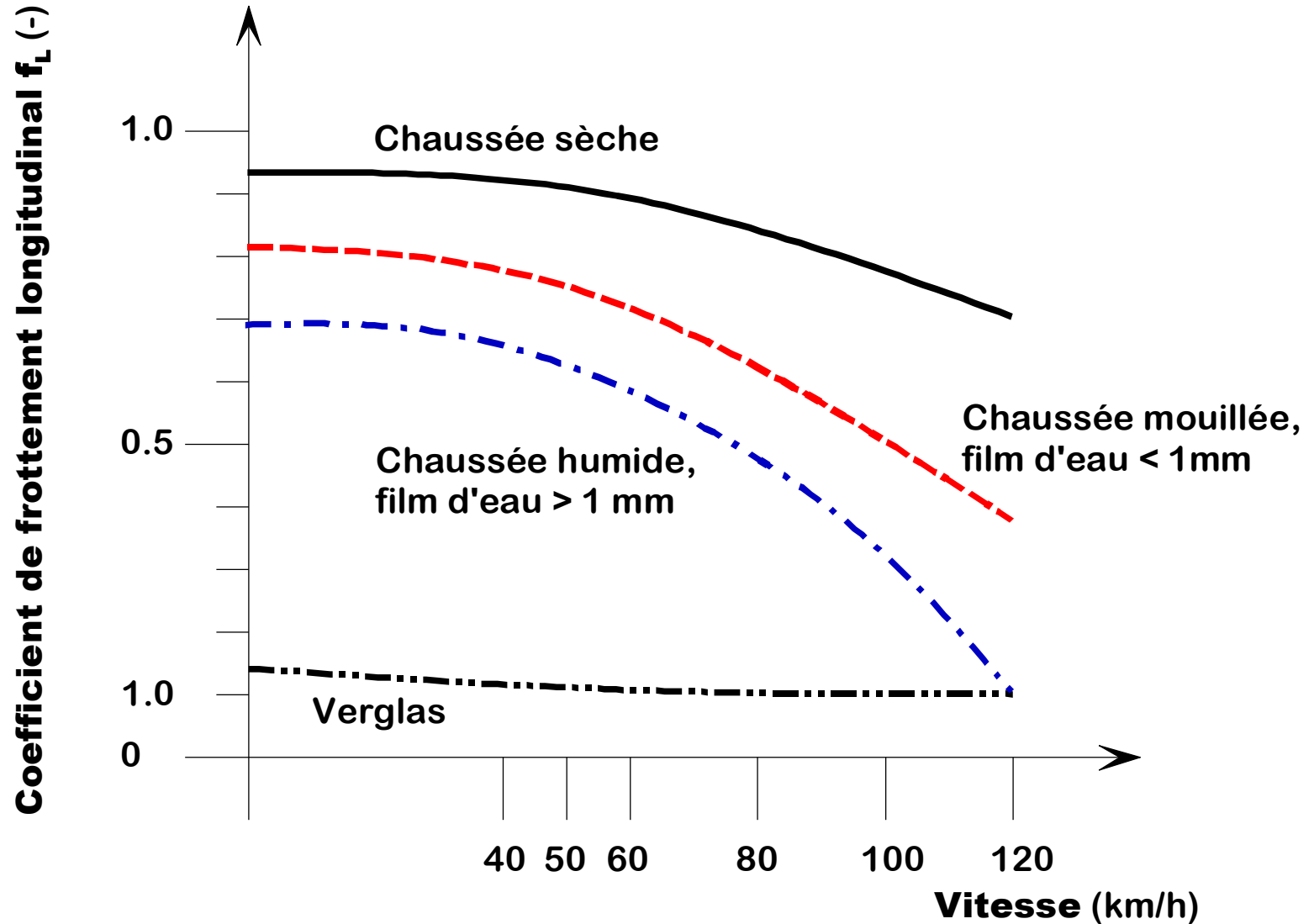
► Pneu lisse

- Idéal sur route sèche
- Doit évacuer l'eau sur route mouillée

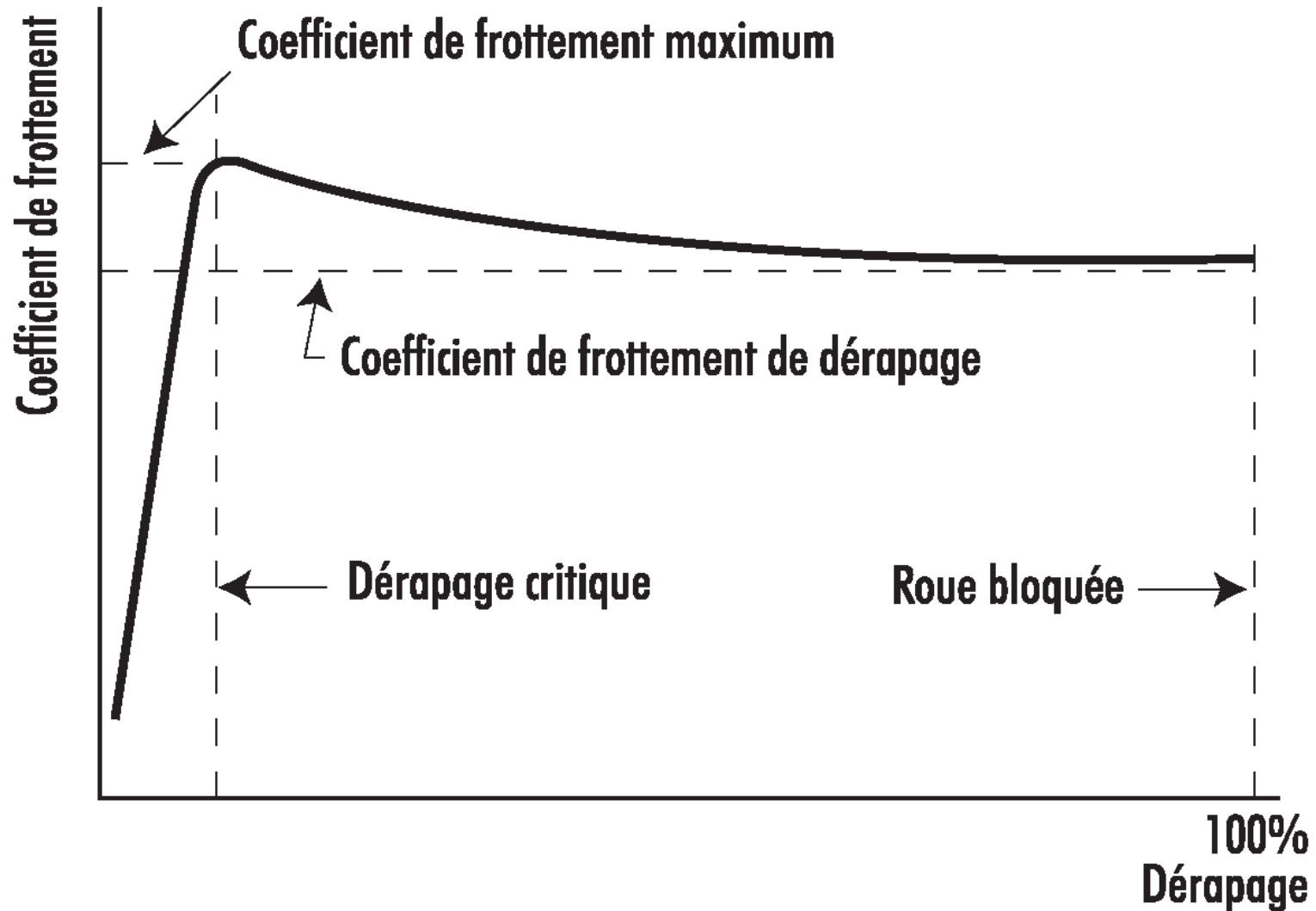
► Profondeur des sculptures

- Pneu neuf 8 mm
- Pneu en fin de vie 1,6 mm

Vitesse



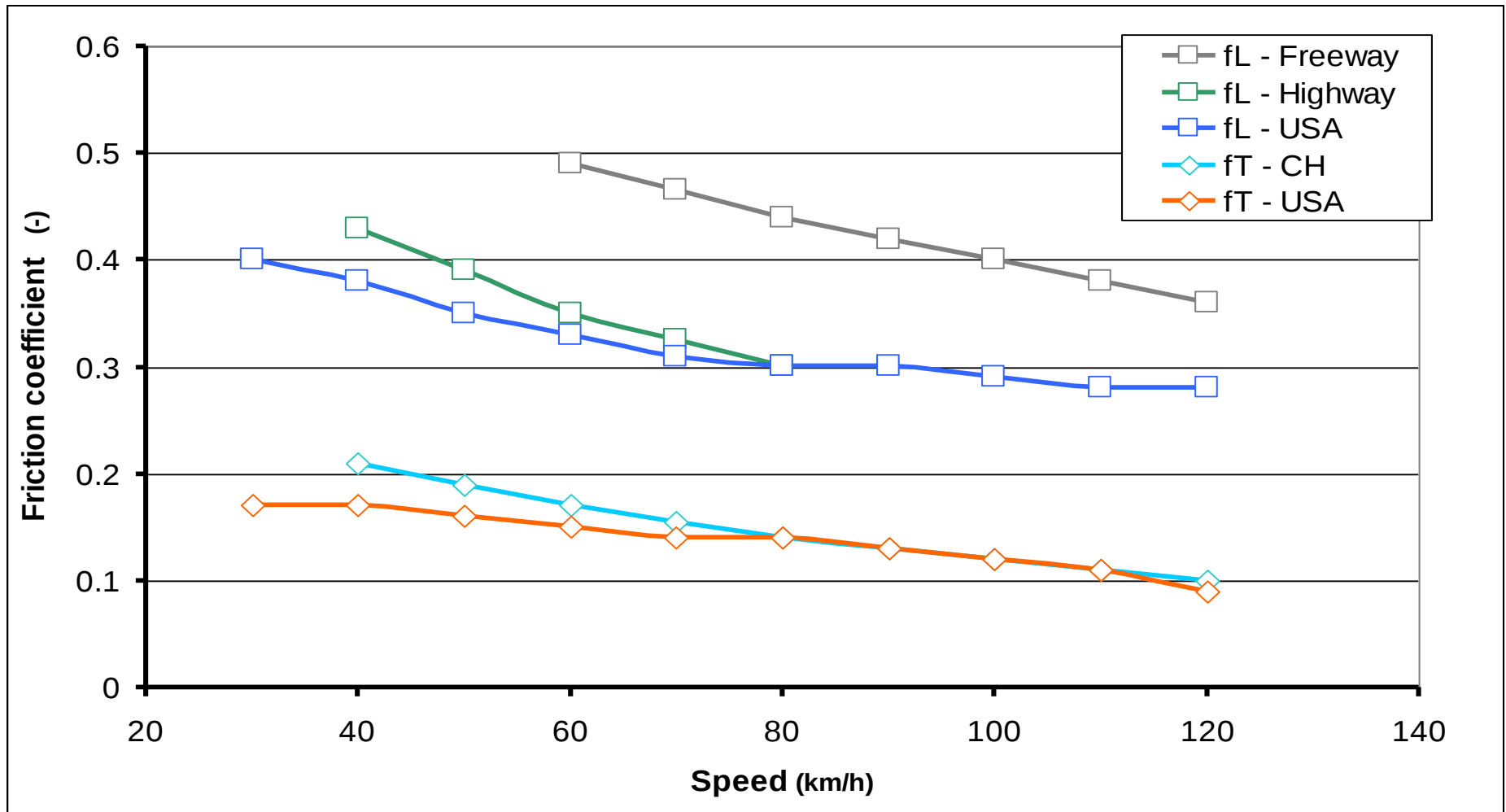
Taux de glissement de la roue



Valeurs usuelles des coeff. de frottement

TYPE DE CHAUSSÉE	SÈCHE				MOUILLÉE			
	MOINS DE 50 km/h		PLUS DE 50 km/h		MOINS DE 50 km/h		PLUS DE 50 km/h	
	DE	À	DE	À	DE	À	DE	À
Ciment Portland								
Neuf	0,80	1,20	0,70	1,00	0,50	0,80	0,40	0,75
Usure normale	0,60	0,80	0,60	0,75	0,45	0,70	0,45	0,65
Poli par la circulation	0,55	0,75	0,50	0,65	0,45	0,65	0,45	0,60
Enrobés bitumineux								
Neuf	0,80	1,20	0,65	1,00	0,50	0,80	0,45	0,75
Usure normale	0,60	0,80	0,55	0,70	0,45	0,70	0,40	0,65
Poli par la circulation	0,55	0,75	0,45	0,65	0,45	0,65	0,40	0,60
Excès de bitume	0,50	0,60	0,35	0,60	0,30	0,60	0,25	0,55
Gravier								
Compacte, huilé	0,55	0,85	0,50	0,80	0,40	0,80	0,40	0,60
non-compacté	0,40	0,70	0,40	0,70	0,45	0,75	0,45	0,75
Cendres								
Compacté	0,50	0,70	0,50	0,70	0,65	0,75	0,65	0,75
Pierre								
Concassée	0,55	0,75	0,55	0,75	0,55	0,75	0,55	0,75
Glace								
Lisse	0,10	0,25	0,07	0,20	0,05	0,10	0,05	0,10
Neige								
Compactée	0,30	0,55	0,35	0,55	0,30	0,60	0,30	0,60
Non-compactée	0,10	0,25	0,10	0,20	0,30	0,60	0,30	0,60

Valeurs normalisées



Valeurs normalisées

► Normes suisses

► Normes américaines

Vitesse de projet (km/h)	40	60	80	100	120
CFL pour les RGD (CH)	—	0,49	0,44	0,40	0,36
CFL pour les autres routes (CH)	0,43	0,35	0,30	—	—
CFL (USA)	0,38	0,33	0,30	0,29	0,28
CFT (CH)	0,21	0,17	0,14	0,12	0,10
CFT (USA)	0,17	0,15	0,14	0,12	0,09

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

