

PROFIL EN LONG DANS LES TUNNELS ROUTIERS

**ELEMENTS D'APPRECIATION
DES PENTES ET DES RAMPES ADMISSIBLES**

AIDE A LA DECISION



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



ministère
de l'Équipement
des Transports
et du Logement

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

DIRECTION DES ROUTES

**PROFIL EN LONG
DANS LES TUNNELS ROUTIERS**

**ELEMENTS D'APPRECIATION
DES PENTES ET DES RAMPES ADMISSIBLES**

AIDE A LA DECISION

CENTRE D'ETUDES DES TUNNELS
25 avenue François Mitterrand – Case n° 1 – 69674 Bron Cedex – France
Tél : 04 72 14 34 00 Fax : 04 72 14 34 70

DECEMBRE 1993
ISBN 2-11-084748-X

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU TOURISME

DIRECTION DES ROUTES

**PROFIL EN LONG
DANS LES TUNNELS ROUTIERS**

**ELEMENTS D'APPRECIATION
DES PENTES ET DES RAMPES ADMISSIBLES**

AIDE A LA DECISION

CENTRE D'ETUDES DES TUNNELS
109, Avenue Salvador Allende - Cse n°1 - 69674 Bron Cedex France
Tél: 78 41 81 25 Telex Cetelyo 370008 F Fax : 72 37 81 11

DECEMBRE 1993
ISBN 2-11-084745-X

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	1
1 - GENERALITES	2
2 - PROFIL EN LONG DANS LES TUNNELS ROUTIERS : ELEMENTS D'ANALYSE	3
2.1 - Cas de l'air libre	4
2.1.1 - Rappel des limites réglementaires	4
2.1.2 - Vitesse des PL dans les rampes et réglementations	5
2.1.3 - Dépendance de la largeur roulable avec les déclivités	7
2.2 - En souterrain	8
2.2.1 - Augmentation de l'émission des polluants	8
2.2.2 - Influence de la vitesse	10
2.2.3 - Examen du cas de l'incendie - désenfumage	12
2.2.4 - Influence sur les pannes	13
2.2.5 - Influence sur les accidents	13
2.2.6 - Notion de niveaux de service	13
2.2.7 - Influence des descentes sur la signalisation et sur la distance de visibilité à respecter	15
3 - AIDE A LA REFLEXION - EXEMPLE DE DEMARCHE	15
4 - EXEMPLE	17
4.1 - Données	17
4.2 - Résultats	17
4.3 - Conclusion	17

Cette note a été rédigée par MM. VINOT, DEFFAYET et JULIEN qui ont bénéficié des avis et conseils des agents du SETRA et du CETUR

PROFIL EN LONG DANS LES TUNNELS ROUTIERS

ELEMENTS D'APPRECIATION DES PENTES ET RAMPES ADMISSIBLES AIDE A LA DECISION

PREAMBULE

Cette note concerne aussi bien les tranchées couvertes que les tunnels creusés.

Tant pour la circulation que pour la ventilation, il serait souhaitable que le profil en long d'un tunnel soit plat.

Cependant différentes contraintes nous obligent à prévoir des déclivités. Il s'agit de :

- problèmes d'ordre géologique,
- présence de réseaux divers,
- franchissement d'obstacles naturels,
- différence de topographie entre les 2 sites de tête,
- sortie de souterrains en ville.

Le dossier pilote des tunnels document géométrie recommande de ne pas dépasser 2 % dans les tunnels, lorsque leur longueur dépasse 400 m et se limiter, lorsqu'on le peut à 1,5 %.

Toutefois, pour les raisons vues auparavant, ceci n'est pas souvent possible et le but de la présente note est de présenter une démarche d'examen de ce point aux différents stades d'études d'ordre géométriques.

La note concerne les souterrains à gabarit normal, ouvert aux poids lourds.

1 - GENERALITES

1.1 - Les déclivités admissibles sur le profil en long d'un ouvrage souterrain sont variables suivant :

- le volume et la composition du trafic,
- le niveau de service souhaité,
- la stratégie d'exploitation retenue,
- les caractéristiques générales de l'ouvrage mais aussi celles de l'itinéraire.

1.2 - Pour mémoire, on distingue trois grandes familles d'ouvrages :

- tunnels isolés avec de très faibles risques de congestion (itinéraire interurbain sur réseau ouvert et où le trafic n'est pas contrôlé),
- tunnels implantés sur de grandes liaisons interurbaines avec une surveillance, un contrôle et une gestion de trafic sur l'itinéraire,
- tunnels très chargés en trafic avec risques réels de congestion et la plupart du temps avec une surveillance et un contrôle du trafic sur la liaison et dans l'ouvrage (en zone urbaine).

L'analyse qui suit ne se réfère pas explicitement à l'une ou l'autre de ces différentes catégories d'ouvrages, mais celles-ci ont une influence non négligeable en cours d'études, notamment dans l'analyse de la largeur roulable à mettre en oeuvre (présence ou non de bandes d'arrêt d'urgence, de bandes dérasées et nombre de voies).

1.3 - Certaines caractéristiques de l'ouvrage et du trafic sont particulièrement en cause lorsqu'on examine les déclivités admissibles :

Facteurs à prendre en compte
<p>a) <u>Géométrie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - longueur de la rampe ou de la pente - largeur roulable - coordination tracé en plan/profil en long - proximité de voies d'échange - garages
<p>b) <u>Equipements</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ventilation - équipements d'exploitation et de sécurité
<p>c) <u>Trafic-Exploitation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - tube bidirectionnel - importance du trafic - pourcentage poids lourds - contrôle de l'exploitation

1.4 - L'analyse est en partie la même que celle que l'on doit effectuer pour des parcours à l'air libre mais de plus, en tunnel, la gêne causée au bon écoulement du trafic peut avoir de plus graves conséquences. Il s'y ajoute aussi des problèmes spécifiques à la ventilation.

2. - PROFIL EN LONG DANS LES TUNNELS : ELEMENTS A PRENDRE EN COMPTE

Les éléments suivants vont successivement être passés en revue :

■ Pour l'air libre :

- rappel des limites de pourcentages de déclivités réglementaires suivant les instructions en vigueur,
- vitesse des PL et réglementations,
- dépendance de la largeur roulable et de la déclivité.

■ Pour les souterrains :

- influences spécifiques des déclivités dans les ouvrages,
- notions de niveaux de service,
- configurations particulières.

2.1 - Cas de l'air libre

2.1.1 - Rappel des limites réglementaires

2.1.1.1 - Sur les routes principales du réseau national, la déclivité maximale autorisée est dépendante de la vitesse de référence de l'itinéraire (document en préparation) :

V référence km/h	R 60	T 80 et R 80	T 100
Déclivité max. %	7	6	5

La catégorie T est réservée aux voies où l'on privilège le trafic de transit, alors que la catégorie R correspond aux trajets locaux.

2.1.1.2. - Sur les autoroutes de liaison (ICTAAL d'octobre 1985), nous avons :

Catégorie	L 80	L 100	L 120
Déclivité max. % rampe	6	5	4
pente	6	6	5

2.1.1.3 - Sur voies rapides urbaines (ICTAVRU de juin 1990), les valeurs retenues sont les suivantes :

Catégorie	U 60	U 80 et A 80	A 100
Déclivité max.	6	6	5

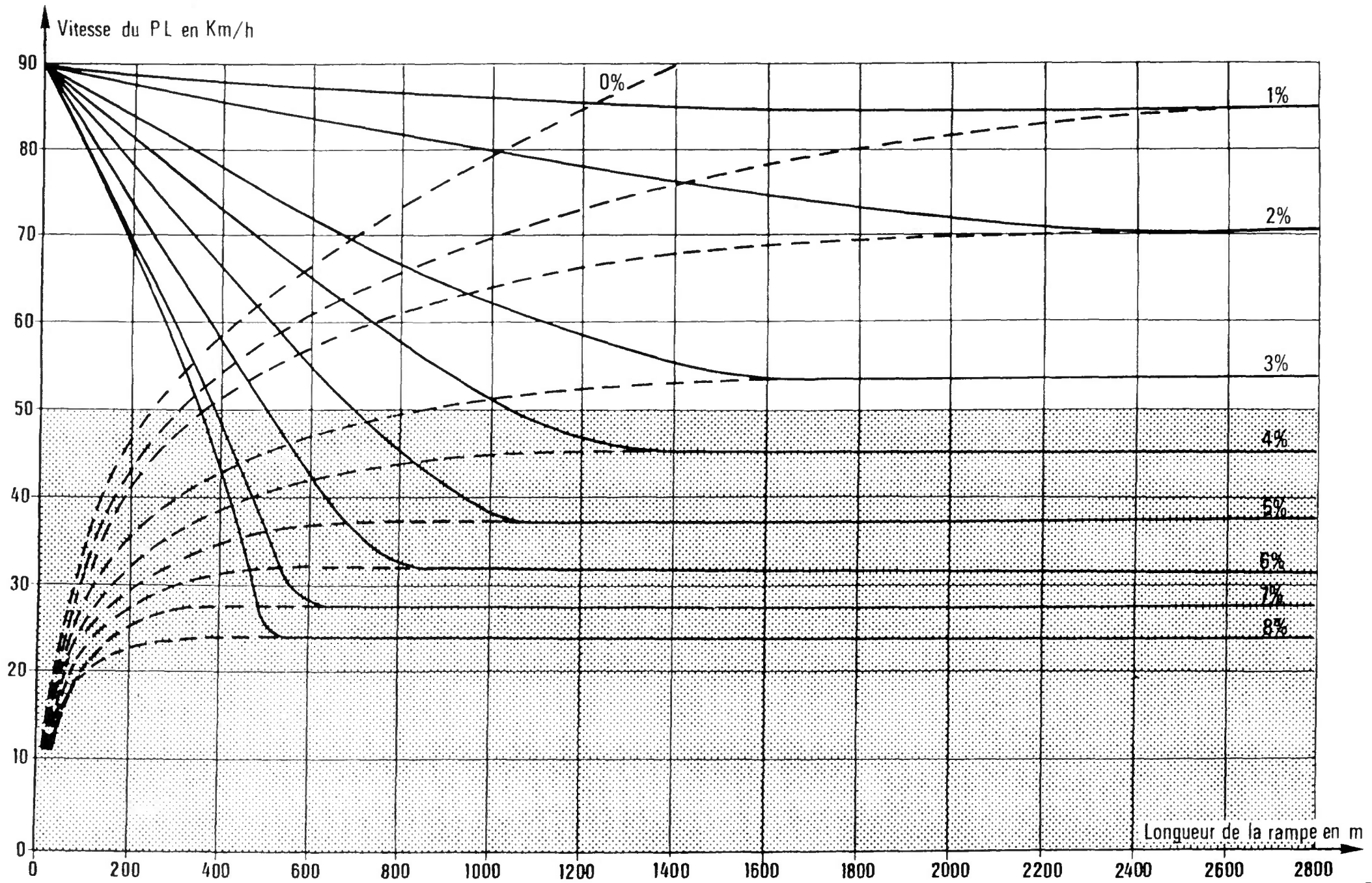
avec localement (sur des longueurs inférieures à 30 m), la possibilité d'accroître la limite de 50 % de la valeur retenue.

2.1.1.4 - En conclusion et pour le cas d'une vitesse de 80 km/h, cas auquel nous nous bornerons pour les routes envisagées ci-dessus, la déclivité maximale autorisée est de 6 %, et ce quel que soit le type d'itinéraire considéré.

2.1.2 - Vitesse des PL dans les rampes et réglementations

2.1.2.1 - La courbe d'évolution de la vitesse d'un poids lourd le long d'une rampe en marche libre (non gênée par le trafic) peut être déduite de l'abaque SETRA fourni dans la note d'information n° 21 (jointe ci-après) ou à l'aide de programmes informatiques (en particulier du programme DIAVI mis au point par le CETE de Lyon). Il convient de souligner que le diagramme du SETRA ne tient compte que des PL à haute motorisation et qu'en cycle urbain, il convient théoriquement de prendre en compte un véhicule type moins performant.

2.1.2.2 - De même, sur les itinéraires touristiques, les nombreuses caravanes posent un problème dans les rampes. On se référera pour plus de détails au HCM, qui traite des "recreational véhicules" (table 7.9).



Vitesse des PL en rampe

2.1.2.3 - D'après les instructions et recommandations, une voie supplémentaire pour véhicules lents en montée est préconisée lorsque :

- pour les routes principales (document en préparation) : aucune indication sur ce sujet
- pour les autoroutes (ICTAAL) : la vitesse des PL chute en-dessous de 50 km/h,
- pour l'ICTAVRU : la vitesse des VL chute en-dessous de 40 km/h

2.1.2.4 - Les longues descentes (> 3 km) à déclivité forte (> à 4 %) posent des problèmes particuliers vis-à-vis de la sécurité notamment pour les poids lourds. Des aménagements spécifiques sont à prendre en compte qui concernent la géométrie, la signalisation et des aménagements spécifiques. Il doit être envisagé dans certains cas une voie supplémentaire. On se référera à ce sujet à la note du SETRA "le traitement des descentes autoroutières" (note datée du 31 mars 1993).

Celle-ci recommande d'éviter autant que possible les longues descentes de plus de 4 %; à défaut, elle recommande que les rampes et pentes maxima soient limitées aux mêmes valeurs, qui sont celles des rampes de l'ICTAAL.

Catégories	L 80	L 100	L 120
Déclivité max %	6	5	4

On comparera ce tableau à celui du § 2.1.1.2, où les pentes réglementairement admissibles sont plus élevées pour L100 et L120.

2.1.2.5 - Coordination tracé en plan - profil en long

Dans le cas de descentes à déclivités fortes, prévoir à l'amont une zone de transition avec réduction progressive des rayons de tracé en plan.

2.1.2.6 - Régularité du profil en long

Eviter les pentes moyennes et les paliers de courte longueur entre deux pentes fortes. Proscrire les pointes singulières (aires de péage, échangeurs) pendant et juste après la pente.

2.1.3 - Dépendance de la largeur roulable et de la déclivité

Pour les itinéraires à l'air libre, il est maintenant presque systématiquement mis en oeuvre une bande d'arrêt d'urgence. Ceci permet de répondre au problème posé par les véhicules en panne.

Dans les fortes rampes, l'adjonction d'une troisième voie où la vitesse est relativement faible minimise en outre les conséquences d'un arrêt de véhicule. De plus, la possibilité d'avoir des refuges (ou garages) à espacement réduit contribue à ne pas devoir prendre en compte le cas de ces arrêts.

Dans les fortes descentes sur de grandes longueurs, la politique actuelle en la matière semble devoir être également la mise en oeuvre d'une voie supplémentaire, afin de pouvoir répondre aux problèmes soulevés par de telles déclivités sur les poids lourds.

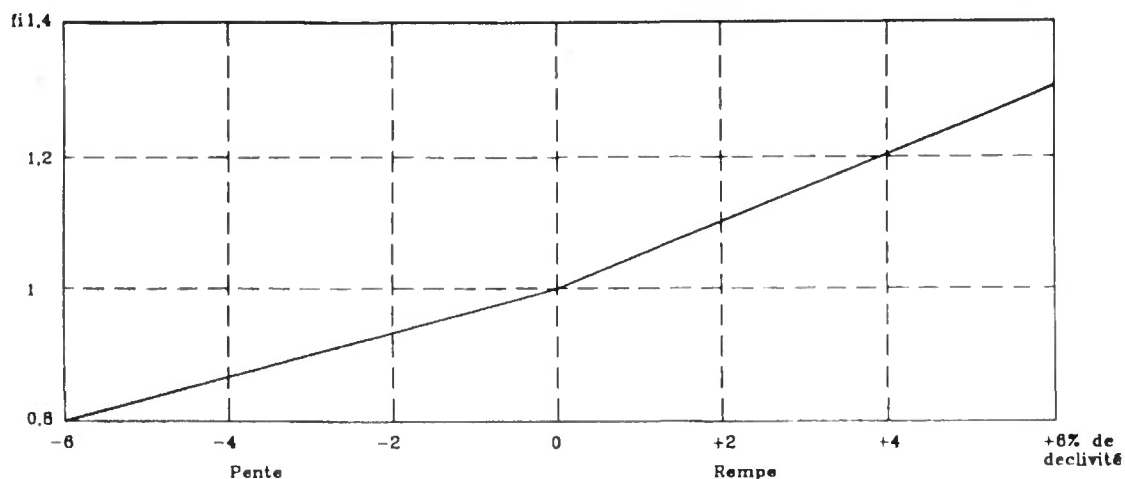
2.2 - En souterrain

Dans le cas des ouvrages souterrains, les déclivités ont une influence spécifique. Les différentes raisons évoquées pour la diminution des rampes dans les tunnels sont les suivantes :

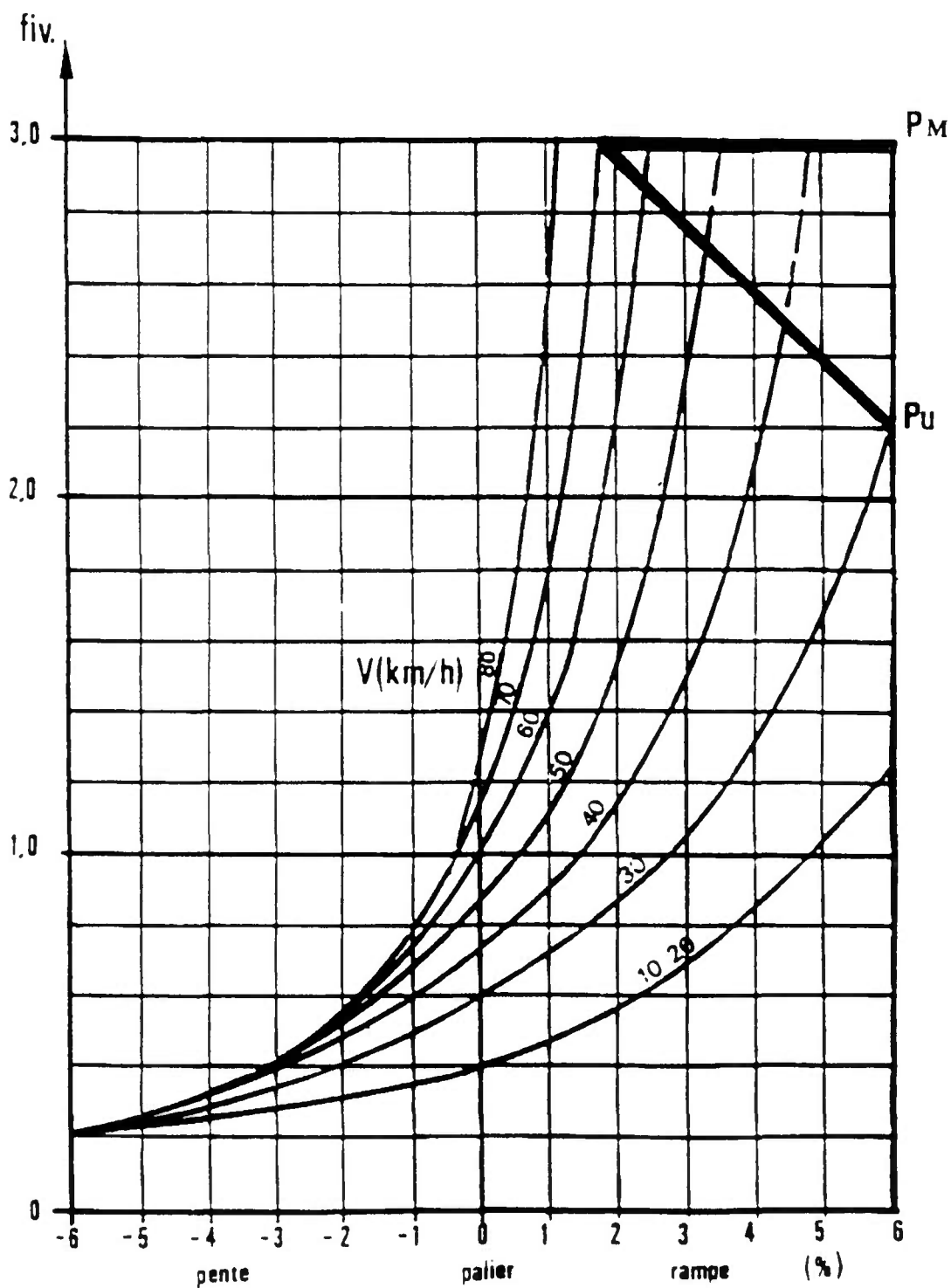
2.2.1 - Augmentation de l'émission des polluants

Ils augmentent avec les rampes tant pour le CO émis par les véhicules légers (hors diesel) que pour les fumées émises par les poids lourds (diesel).

On trouvera ci-après, les graphiques traduisant l'influence des rampes et pentes sur les émissions unitaires :



**Coefficient de déclivité F_i
pour les émissions de CO des VL à essence**



**Coefficient de déclivité - Vitesse Fiv
sur les émissions de fumées des PL**

Remarque :

Dans le cas de véhicules isolés, on prend en compte la ligne P_U . Lorsque le trafic PL est important et que l'on pense qu'il va y avoir formation de trains de PL dans la rampe, on applique alors la ligne P_M .

On s'aperçoit avec ces graphiques que pour le CO, les émissions augmentent de 5 % par pourcentage de rampe à vitesse constante alors que pour les fumées, celles-ci sont multipliées, pour une vitesse de 40 km/h, de :

- 1,3 pour une rampe de 1 %
- 2,1 pour une rampe de 3 %
- 4,3 pour une rampe de 5 %.

2.2.2 - Influence de la vitesse

La vitesse diminuant avec les rampes a une influence double sur la ventilation :

- d'une part influence sur les émissions unitaires,
- d'autre part influence sur la concentration en véhicules simultanément présents à l'intérieur du tunnel.

2.2.2.1 - Influence sur les émissions unitaires

Les émissions unitaires en polluant tant pour le CO que pour les fumées sont influencées par la vitesse des véhicules.

a) Pour les véhicules légers (à essence)

L'émission unitaire des véhicules varie avec la vitesse pratiquée. Par rapport à la vitesse de référence de 60 km/h, les coefficients de correction à appliquer sont les suivants :

V en km/h	0	20	40	60	80	100	120
fv	0,45	0,80	0,90	1	1,1	1,40	1,70

On s'aperçoit de ce qu'entre 40 et 80 km/h, les émissions sont multipliées par 1,22. Il faut signaler cependant que l'augmentation de vitesse permise par des rampes plus faibles joue dans le sens de la décroissance des émissions de CO à l'inverse des émissions de fumées.

b) Pour les fumées émises par les poids lourds

L'émission est influencée par la vitesse comme nous l'avons vu au diagramme traduisant l'influence des pentes et rampes. Le passage, pour une déclivité de 2 %, de 60 km/h à 40 km/h se traduit par un facteur multiplicateur de 1,9.

2.2.2.2 - Augmentation du nombre de véhicules simultanément présents dans le tunnel

Les débits d'air frais à mettre en oeuvre sont directement proportionnels à la concentration en véhicules dans le tunnel ($C \text{ véh/km} = D \text{ véh/h} : V \text{ km/h}$). Comme la vitesse diminue avec les rampes, la concentration en véhicules va donc être augmentée ayant donc une

influence directe sur le dimensionnement de la ventilation par le débit d'air à mettre en oeuvre.

2.2.2.3 - Exemple

Soit un tunnel international très chargé en gros poids lourds de 2 400 m de long et où nous avons la possibilité de réaliser des rampes à 2 % ou 4 % pour un trafic de 2 000 véh/h dont 200 PL/h.

Les équations générales de dilution des polluants sont les suivantes (Cf. Dossier Pilote des tunnels, Document Equipements, Fascicule Ventilation) :

- pour le CO :

$$QAF = \frac{q_0}{3600} \quad f_i \quad f_h \quad \frac{10^6}{\tau} \quad N \quad l$$

- où
- QAF = débit d'air frais à installer (m³/s)
 - q₀ = émission unitaire (m³/h)
 - f_i = facteur de déclivité
 - f_h = facteur d'altitude
 - N = nombre de véhicules présents par km de voie
= D/V (où D est de débit horaire de trafic et V la vitesse)
 - τ = taux en oxyde de carbone à ne pas dépasser en parties par million
 - l = longueur de l'ouvrage en km

- pour les fumées :

$$QAF = \frac{q_{TM}}{3600} \quad f_{iv} \quad f_h \quad \frac{1}{K} \quad N_{PL} \quad l$$

- où
- QAF = débit d'air frais à installer (m³/s)
 - q_{TM} = dégagement unitaire en m²/h à 60 km/h pour le type de poids lourd considéré
 - f_{iv} = facteur traduisant l'influence de la déclivité et de la vitesse
 - f_h = facteur d'altitude
 - N_{PL} = nombre de poids présents en véh./km
= DPL/VPL (où DPL est le débit horaire et VPL est la vitesse)
 - K = coefficient d'extinction désignant le niveau de fumée admissible (en m⁻¹)
 - l = longueur en km

a) Application au cas de la rampe à 2 % (V = 70 km/h, pour les VL et PL)

- débit d'air frais pour le CO :

$$QAF = \frac{0,45 \times 1,05 \times 1,1 \times 1 \times 10^6}{3\,600 \times 100} \times \frac{2\,000}{70} \times 2,4$$

$$= 99 \text{ m}^3/\text{s}$$

- débit d'air frais pour les fumées :

$$\begin{aligned} \text{QAF} &= \frac{270 \times 3 \times 1}{3\,600 \times 510^{-3}} \times \frac{200}{70} \times 2,4 \\ &= 309 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b) Application au cas de la rampe à 4 % (V = 40 km/h tant pour les PL que pour les VL, ces derniers étant considérés comme étant gênés par le trafic lourd)

- débit d'air frais pour le CO :

$$\begin{aligned} \text{QAF} &= \frac{0,45 \times 0,9 \times 1,2 \times 1 \times 10^6}{3\,600 \times 100} \times \frac{2\,000}{40} \times 2,4 \\ &= 162 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

- débit d'air frais pour les fumées :

$$\begin{aligned} \text{QAF} &= \frac{270 \times 2,1 \times 1}{3\,600 \times 510^{-3}} \times \frac{200}{40} \times 2,4 \\ &= 378 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

c) Conclusion

En considérant que la pente n'ayant pas d'influence sur la longueur du tunnel, la ventilation à installer est multipliée par 1,6 pour le CO et 1,2 pour le cas des fumées.

2.2.3 - Examen du cas de l'incendie - désenfumage

La différence d'altitude entre têtes provoque en cas d'incendie un effet cheminée. Ce dernier est directement proportionnel au pourcentage de déclivité et peut être estimé à partir des formulations suivantes (P étant la contre pression en pascal et i la déclivité en %) :

- P = 8 i pour un feu de 5 MW (VL)
- P = 20 i pour un feu de 20 MW (PL)
- P = 35 i pour un feu de 100 MW (transport de matières dangereuses).

Pour une installation de ventilation de type longitudinal, il convient donc que pour le sens descendant, celle-ci soit dimensionnée afin de combattre l'effet cheminée produit par l'incendie. Toutefois au delà de 3 à 4 %, ce phénomène ne peut plus être combattu et il convient donc de changer de système et d'aspirer alors les fumées par un conduit spécial. L'ordre de grandeur des coûts est totalement différent, surtout de part l'adjonction d'un faux-plafond de ventilation et de stations de ventilation.

2.2.4 - Influence sur les pannes

D'après les études menées à ce sujet, on peut annoncer que les déclivités ont une influence directe sur le taux de pannes se produisant à l'intérieur d'un ouvrage.

On peut retenir actuellement les chiffres suivants :

- pente de - 3 % à - 0,5 % = taux de 100 à 200 pour 10⁸ véh.km
- pente de - 0,5 % à 0,5 % = taux de 200 à 400 pour 10⁸ véh.km
- rampe de 0,5 % à 3 % = taux de 400 à 800 pour 10⁸ véh.km
- rampe de 3 % à 6 % = taux de 800 à 1 000 pour 10⁸ véh.km

Par exemple, pour un ouvrage à 4 % de rampe, de 1 000 m de long avec un TMJA de 20 000 véh/j, il se produit une panne tous les 6 jours. Pour 2 % de rampe, on aurait eu une panne tous les 9 jours.

2.2.5 - Influence sur les accidents

Par suite de la vitesse plus élevée en pente qu'en rampe, il y a augmentation du nombre d'accidents de l'ordre de 25 % au tunnel sous Fourvière à Lyon. La gravité est également plus importante (environ 30 % de plus de blessés).

Il est difficile d'énoncer des chiffres généraux, ceux-ci variant d'un ouvrage à l'autre et dépendant par beaucoup des données géométriques des tunnels. A titre indicatif, Fourvière a un taux d'accidents de 32 en pente et de 25 en montée pour 10⁸ véh. km. Quand aux taux d'accidents corporels, ils sont de 6,6 en rampe et de 8,9 en pente (rampe et pente de 2,4 %), les taux de blessés légers, blessés graves et de tués étant de 13,1 (pente) et de 9 (rampe).

Il est bien sûr évident qu'en ouvrage souterrain et plus qu'à l'air libre, les conséquences d'un accident sont plus importantes (fumées, chaleur) et plus grandes les difficultés d'intervention. En outre, pour les usagers bloqués à l'intérieur d'un ouvrage, l'attente est psychologiquement beaucoup plus difficile à supporter surtout pour ceux qui sont sujets à la claustrophobie.

2.2.6 - Notion de niveaux de service

2.2.6.1. - Plus la déclivité sera élevée, et plus les conditions de circulation seront difficiles. On peut quantifier ces états par la notion de niveau de service comme décrite dans le H.C.M. (Highway Capacity Manual), à savoir (pour des ouvrages de type urbain) :

- Niveau de service A (véhicules indépendants, aucune gêne, interdistance élevée)
débit < 600 à 700 uvp/h/voie
- Niveau de service B (bonnes conditions, gêne tout à fait mineure)
600 à 700 < débit < 1000 à 1 100 uvp/h/voie
- Niveau de service C (possibilité de détérioration locale, plus de prudence demandée)
1000 à 1100 < débit < 1300 à 1500 uvp/h/voie
- Niveau de service D (limite de l'instabilité, champ de manoeuvre réduit)
1300 à 1500 < débit < 1600 à 1800 uvp/h/voie

■ Niveau de service E (instabilité fréquente - conduite difficile - peut conduire à des situations d'arrêt)

débit > 1600 à 1800 uvp/h/voie.

Ces différents chiffres sont valables pour du trafic urbain. Pour un ouvrage interurbain, ils sont à diminuer de 100 à 300 uvp/h/voie pour les niveaux de service C, D et E.

2.2.6.2 - Le trafic équivalent en uvp/h est égal au trafic VL augmenté du trafic PL pondéré par la rampe.

Trafic équivalent (uvp/h) = trafic VL (VL/h) + n trafic PL (PL/h).

Le coefficient d'équivalence n est déduit du tableau ci-après, tiré de la note d'information n° 21 du SETRA.

Longueur de la rampe % de la rampe	4 %	5 %	6 %
0 - 500m	4	5	6
500 m - 1 000 m	5	6	7
> 1 000	7	8	9

Pour les rampes de plus faible pourcentage on peut estimer, compte tenu des performances actuelles des poids lourds, que le coefficient d'équivalence est de l'ordre de 2 à 3.

Pour les niveaux de service élevé A à C, on peut tolérer et accepter que le niveau de service diminue d'une catégorie. Par contre, pour les niveaux de service D et E, c'est intolérable et il conviendra alors d'augmenter le nombre de voies pour avoir une situation de trafic plus supportable pour l'utilisateur.

Il ne faut pas perdre de vue également que même en situation libre de trafic (niveau A à C), lorsque la vitesse des PL chute du fait de la rampe, il va en être de même pour les VL. Cela pourra conduire à des états de circulation proche de la saturation et d'une non satisfaction pour les usagers obligés d'attendre derrière les PL, ou pratiquant des vitesses trop basses.

2.2.6.3 - Configurations particulières

Dans certains cas, on est tenté de rechercher en tunnel un profil plat, alors qu'à l'extérieur il existe de fortes rampes. On doit alors veiller à ce que la fin de la voie supplémentaire en rampe se termine au minimum à 50 m de la tête du tunnel.

On peut généralement avoir le double problème d'avoir à implanter une voie supplémentaire en rampe avec celle de l'implantation d'une bretelle de sortie en extrémité d'ouvrage. Outre les problèmes d'ordre géométrique, se pose alors la possibilité d'implantation de la signalisation directionnelle et de sa visibilité. Afin de résoudre ce problème, le projeteur pourra être également amené à prévoir tout au long de l'ouvrage, une voie supplémentaire pour la bretelle de sortie. Cette disposition étant vraiment un cas d'espèce, nous n'en parlons que pour mémoire, étant toutefois entendu qu'une réflexion importante doit être

menée. Il faut aussi noter que les bretelles de sortie entraînent par leur présence des entrecroisements qui réduisent la capacité et qui peuvent être sources d'accidents.

2.2.6.4 - Garages

La circulaire 81.109 du 29/12/1981 fixe les conditions générales d'implantation des garages; leur présence et leur interdistance dépendent de la longueur roulable et des déclivités. Ce point est examiné lors de la présentation du projet à la Commission Départementale de Sécurité.

2.2.7 - Influence des descentes sur la signalisation et sur la distance de visibilité à respecter

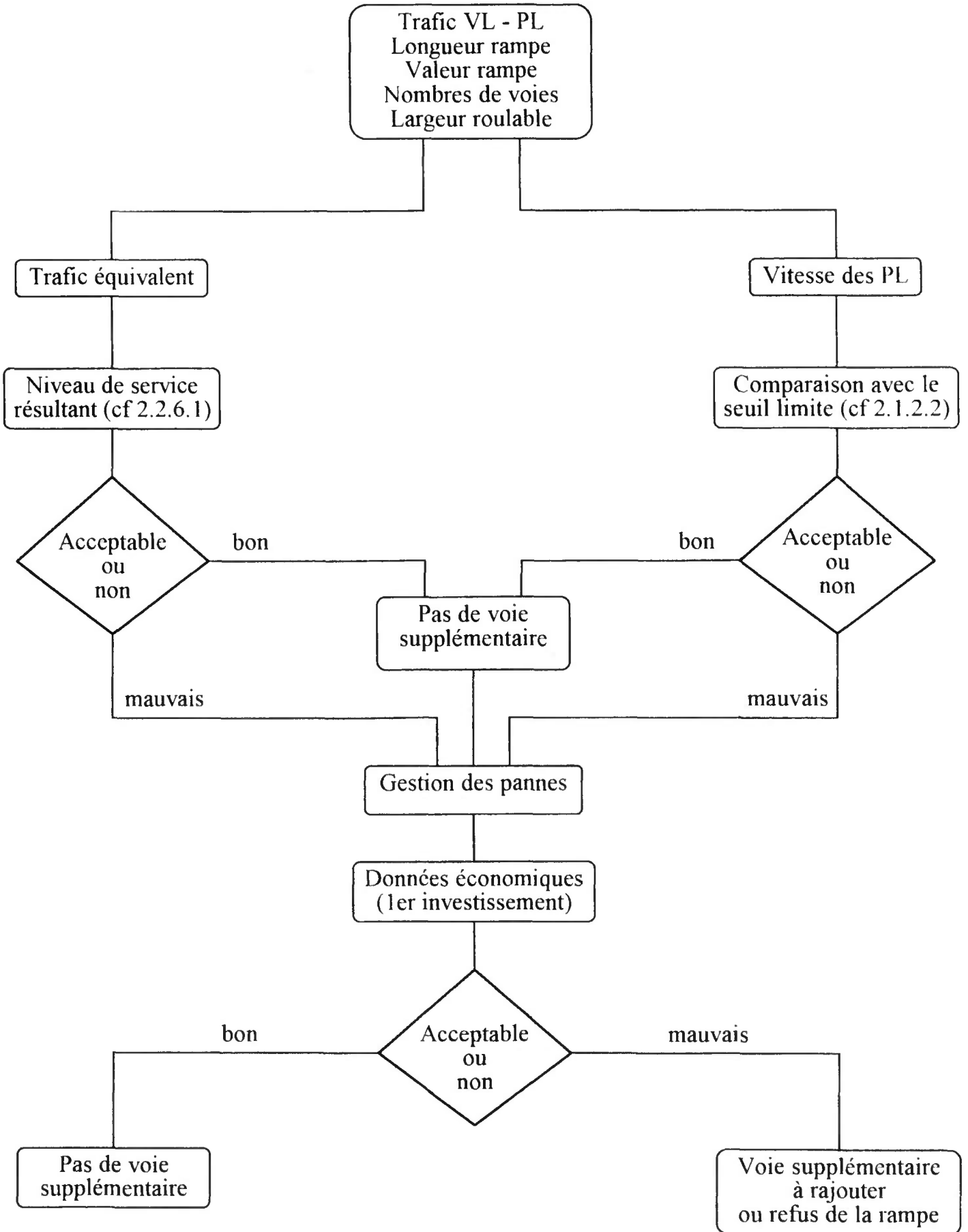
Les véhicules légers, en particulier, ont tendance à accroître leur vitesse en descente. Il faut en tenir compte pour définir l'implantation des panneaux de présignalisation; il faut aussi en prendre conscience pour définir les distances de visibilité nécessaires.

3 - AIDE A LA REFLEXION - EXEMPLE DE DEMARCHE

Dans le principe le dimensionnement du nombre de voies en tunnel et donc de la largeur roulable, est un compromis entre le coût lié au nombre de voies et le niveau de service souhaité. Les paramètres influents sont d'une part la vitesse normale des PL dans la rampe, et d'autre part, le trafic équivalent. Ces éléments d'appréciation sont les mêmes que ceux que l'on peut avoir pour l'air libre.

Toutefois, compte tenu du contexte d'ouvrage souterrain, les éléments économiques ne sont pas du tout les mêmes. Ceux-ci conduisent le projeteur à être moins exigeant en tunnel qu'à l'air libre, alors que compte tenu des contraintes de ventilation et de fluidité de la circulation, c'est l'inverse qui devrait se produire. Pour une tranchée couverte, les surcoûts induits par des surlargeurs peuvent être moindres que pour un tunnel creusé.

La démarche peut être schématisée de la façon suivante :



4 - EXEMPLE

4.1. - Données

- Tube unidirectionnel sur un itinéraire interurbain,
- longueur 1 100 m,
- déclivité + 4 % dictée par les conditions d'implantation des têtes de l'ouvrage,
- trafic par sens 1 600 VL et 200 PL soit 1 800 véh/h au total.

4.2. - Résultats :

- la vitesse résultant de la rampe en montée est de l'ordre de 47 km/h, soit légèrement inférieure à la valeur de 50 km/h fixée par l'ICTAAL,
- le trafic équivalent, avec un coefficient d'équivalence de 7 est de 3 000 uvp/h pour 2 voies. Ce trafic introduit un niveau de service en interurbain D à E avec donc un risque non négligeable de congestion,
- le cas des pannes n'est pas regardé car il sera mis en oeuvre une BAU dans le cas du 2 voies,
- le passage d'un 2 voies (avec BAU) à un 3 voies (sans BAU) introduit un surcoût du génie civil de 22 700 F/ml pour le tunnel creusé soit 25 MF TTC (24 % d'augmentation sur le coût pour un terrain moyennement difficile et 36 % d'augmentation de la surface sur la section intérieur).

4.3. - Conclusion

Malgré le surcoût engendré par une troisième voie, nous retiendrons pour le profil montant un tube à 3 voies de circulation afin d'éviter les risques liés à la congestion de l'ouvrage. Une autre solution consisterait à chercher une solution limitant les déclivités, toutefois cela conduit à un ouvrage plus long.

25, avenue François
Mitterrand
Case n° 1
69674 Bron cedex
Téléphone :
04 72 14 34 00
Télécopie :
04 72 14 34 30
E-mail : [cetu@
equipement.gouv.fr](mailto:cetu@equipement.gouv.fr)

