



NOTE D'INFORMATION

Economie
Environnement
Conception

52

Auteur : SETRA - CSTR

Editeur :



DESCENTES DE FORTE PENTE ET DE GRANDE LONGUEUR SUR LES ROUTES DE TYPE « AUTOROUTE »

Février 1997

L'exécution du Schéma Directeur Routier National se traduit par des réalisations d'importantes infrastructures autoroutières dans des zones de relief accidenté.

De même, l'amélioration du réseau autoroutier existant peut conduire à aménager certaines sections en descente reconnues difficiles afin d'en augmenter la sécurité.

Cette note d'information a pour objectif de définir à partir de quels critères on peut considérer qu'une descente présente un risque d'insécurité, quelles sont les causes principales d'accident et quels sont les moyens pour y remédier, outre l'amélioration de l'équipement des véhicules et la formation des conducteurs.

DÉFINITION DU CRITÈRE RISQUE

Deux approches ont permis de déterminer ce critère de risque : une analyse du comportement des véhicules lourds dans les descentes et une étude statistique de sécurité sur des sections d'autoroute présentant des pentes exceptionnelles, que ce soit par leur pourcentage et/ou par leur longueur.

Comportement des véhicules lourds

Les freinages prolongés ou répétés, surtout lorsqu'ils se produisent à grande vitesse en développant des énergies élevées, ont pour effet d'échauffer dangereusement garnitures et tambours de freins.

A l'homologation, les véhicules à moteur et les remorques sont soumis à un test d'échauffement permettant de garantir une chute de performance inférieure à 40 % après une pente à 6 % sur 6 km, en maintenant une vitesse constante de 30 km/h ; ceci entraîne une augmentation de température sur les garnitures de l'ordre de 350 °C.

En service, l'effet de pente est plus sévère sur la remorque que sur le tracteur muni, dans la majorité des cas, d'un frein sur échappement ou d'un ralentisseur. De plus, comme le montre le tableau ci-dessous, les temps de récupération de l'efficacité de freinage sont lents :

Efficacité de freinage	Temps de récupération	
	Tracteur	Remorque
70 %	3 min.	8 min.
80 %	10 min.	18 min.
100 %	30 min.	60 min.

Sachant que la perte d'efficacité des freins intervient au-delà de 250 °C, et compte tenu de ces temps de récupération, une élévation de température supérieure à 200 °C peut être considérée comme la limite acceptable, ce qui correspond à un couple d.p > 150 m (d étant la longueur de la pente exprimée en mètre et p le pourcentage de cette pente).

Etude de sécurité

LES CAUSES D'ACCIDENT

Une étude statistique effectuée sur 22 sites autoroutiers et portant sur les différents paramètres globaux (longueur, pente moyenne, dénivelé, trafic total, trafic poids lourds) montre que c'est le dénivelé qui, bien mieux que la pente moyenne ou la longueur, représente la variable dont la corrélation est la meilleure avec l'importance des sinistres. Elle met en évidence qu'en deçà d'un dénivelé $d.p < 130$ m les descentes ne paraissent pas générer un surrisque.

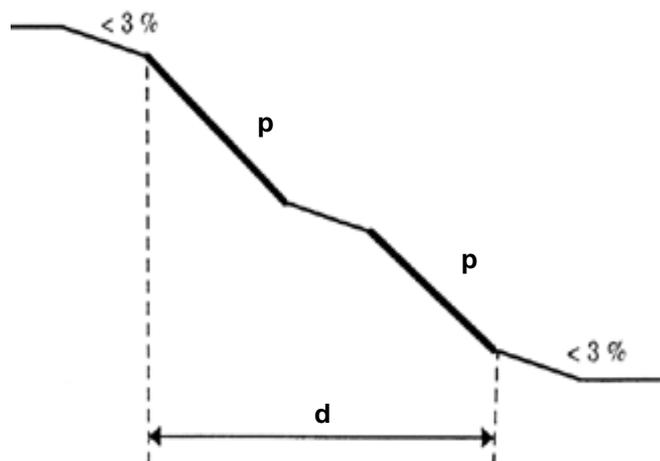
En conclusion, si l'on rapproche ce résultat des performances de freinage des poids lourds évoquées ci-dessus, il paraît pertinent de prendre comme **indicateur de risque**, impliquant un aménagement spécifique de la descente, le dénivelé :

d. p > 130 m

La répétition de descentes en de courts intervalles (inférieurs au temps de récupération de l'efficacité du freinage) diminue la valeur de l'indicateur de risque : une sollicitation des freins de service trop importante sur les premières descentes peut se traduire par des dysfonctionnements sur les descentes suivantes.

Par contre, quelle que soit la valeur de **d. p**, si $p < 3\%$ les descentes ne présentent pas de caractère spécifiquement dangereux. En conséquence, cet indicateur de risque doit être calculé pour une longueur d estimée :

- lorsqu'il y a croissance dans le pourcentage de la pente à partir du moment où $p > 3\%$;
- dans une pente à pourcentage dégressif jusqu'au moment où $p < 3\%$;
- et en assimilant à la pente moyenne les courts paliers intermédiaires, s'ils existent, car ils ne peuvent avoir qu'un effet néfaste sur le comportement des P.L. (remise en vitesse).



De façon générale, l'insécurité constatée n'est pas, ou pas uniquement, l'insécurité potentielle d'une infrastructure mais plutôt l'adéquation du comportement des usagers par rapport à celle-ci ; c'est bien parce que ces descentes sortent des « normes », et que les usagers n'adaptent pas convenablement leur comportement en conséquence, qu'elles induisent un risque d'accident très nettement accru.

Les facteurs d'insécurité

C'est à partir de l'analyse des accidents sur les 22 sites autoroutiers étudiés qu'ont été appréciés ces facteurs d'insécurité.

Tout d'abord globalement, si l'on compare les taux d'accident sur ces sites aux taux moyens constatés sur l'ensemble des autoroutes, le surrisque peut être évalué de la façon suivante :

- accidents matériels : 5 fois le taux moyen
- accidents corporels : 2,2 fois le taux moyen
- blessés : 2 fois le taux moyen
- tués : 1,5 fois le taux moyen

Si l'on examine les différentes causes d'accident, on peut mettre en évidence les facteurs principaux :

- forte implication des poids lourds : 23 % des accidents concernent au moins l'un d'eux ;
- pourcentage de sortie de chaussée très important (55 %). A cela deux explications : la forte augmentation des sorties de chaussées et des accidents sur chaussée mouillée (37 % pour 20 % en moyenne sur autoroute), ce qui permet de penser à un rôle clé du revêtement de chaussée, et plus de 30 % du linéaire des descentes constitués par des rayons inférieurs à 1 000 m (37 % des accidents corporels) ;
- 10 % des accidents sont dus à des collisions arrière VL ↔ PL, chiffre bien supérieur aux 3 % constatés sur l'ensemble des autoroutes. On peut l'expliquer par le différentiel de vitesse entre les PL et les VL beaucoup plus important qu'en section courante et souvent mal apprécié ;
- accumulation d'accidents sur les points singuliers, surtout lorsque ceux-ci se trouvent situés dans la deuxième moitié de la descente :
 - virages de faible rayon ;
 - courbes à grand développement ;
 - entrées et sorties ;
 - tête de tunnels et de viaducs ;
 - barrières de péage.

Par contre, les deux sites de l'étude disposant d'une voie spécialisée pour véhicules lents (La Turbie sur A8, Ceignes sur A40) présentent un niveau de

sécurité comparable à la moyenne constatée sur autoroute. En particulier, la comparaison avant/après mise en service de la voie spécialisée dans la descente de Ceignes sur A40 montre que l'on divise par 2,3 le total des accidents corporels sur les 8 km de descente, et par 6 le nombre de collisions arrière, alors que le taux d'occupation des lits d'arrêt a diminué de moitié.

L'explication de ce résultat tient :

- au fait que la présence de cette voie contribue à attirer l'attention des conducteurs sur le caractère dangereux de la descente ;
- à la vitesse limitée et stabilisée sur cette voie, cohérente avec un recours principal au frein moteur ;
- au fait que la séparation des véhicules lents des autres véhicules limite les chocs arrière.

Comportement des conducteurs de PL

A partir d'interviews de conducteurs de PL et de mesures effectuées sur des PL instrumentés, on peut globalement définir l'influence du dénivelé sur le mode de conduite du chauffeur de la façon suivante :

- **pente < 5 % sur une courte distance** : aucune disposition particulière n'est prise par le conducteur, ce qui peut se traduire par une vitesse excessive en fin de pente mais sans problème apparent de sécurité ;
- **pente > 5 % sur une courte distance, ou longue distance quelle que soit la pente** : la plupart des conducteurs adoptent dès l'origine une vitesse faible. Pour ce faire, deux stratégies différentes : soit ils utilisent le frein moteur et/ou le ralentisseur, et dans ce cas les freins de service sont peu sollicités, soit au contraire ils actionnent constamment les freins de service. Une troisième stratégie constatée consiste à adopter des vitesses plus élevées et surtout plus irrégulières : les freins de service sont alors fortement sollicités lorsqu'il devient nécessaire de passer un rapport de boîte inférieur. Pour ces deux derniers cas, les freins de service deviennent rapidement inefficaces.

Les facteurs des choix de stratégie le plus souvent cités par les conducteurs sont, par ordre d'importance :

- le tonnage transporté et la nature de la cargaison (instabilité des liquides) ;
- les conditions atmosphériques ;
- l'expérience générale de la conduite en descente ;
- la connaissance mémorisée de la descente ;
- l'état des freins ;
- la limitation de vitesse indiquée sur le site.

Les causes essentielles d'accident sont bien évidemment la rupture de freins que les conducteurs attribuent pour 50 % des cas à l'inexpérience de la conduite en descente (formation de conducteurs) et pour 20 % à la non-connaissance de l'itinéraire. En conséquence, plus de 80 % d'entre eux demandent une signalisation permettant de connaître en amont

de la pente son pourcentage et sa longueur, ou mieux, le profil en long du parcours. Enfin, pour 90 % d'entre eux, les équipements de détresse renforcent le message « descente dangereuse » et seraient utilisés en cas de nécessité.

LES RECOMMANDATIONS D'AMENAGEMENT

Tout d'abord rappelons les caractéristiques limites prescrites par l'ICTAAL.

Catégorie	L80	L100	L120
Déclivité maximale en pente	6	6	5 (6 % si < 600 m)

« Les configurations géométriques comportant une forte déclivité (supérieure à 4 %) de grande longueur (de l'ordre de 1 km) doivent faire l'objet d'un examen attentif. On évite, en particulier :

- d'intercaler sur plusieurs centaines de mètres une pente de valeur moyenne entre deux fortes pentes ;
- de situer des points particuliers dans la déclivité et dans les quelques centaines de mètres qui la suivent (échangeurs, aires de repos et de service, rayon en plan inférieur à Rnd) ».

Ces prescriptions sont conservées, mais complétées par :

- la définition du critère de risque défini précédemment ($d_p > 130$) ;
- la description des aménagements permettant de limiter ce risque, compte tenu de ce qui vient d'être développé sur les causes d'accidents et le comportement des véhicules lents :
 - géométrie appropriée ;
 - signalisation spécifique ;
 - création d'une voie affectée aux véhicules lents ;
 - équipement en voie de détresse (lit d'arrêt).

Géométrie

Afin d'inciter l'utilisateur à adopter un comportement compatible avec les difficultés que représentent ces descentes, les recommandations suivantes viennent compléter celles préconisées par l'ICTAAL :

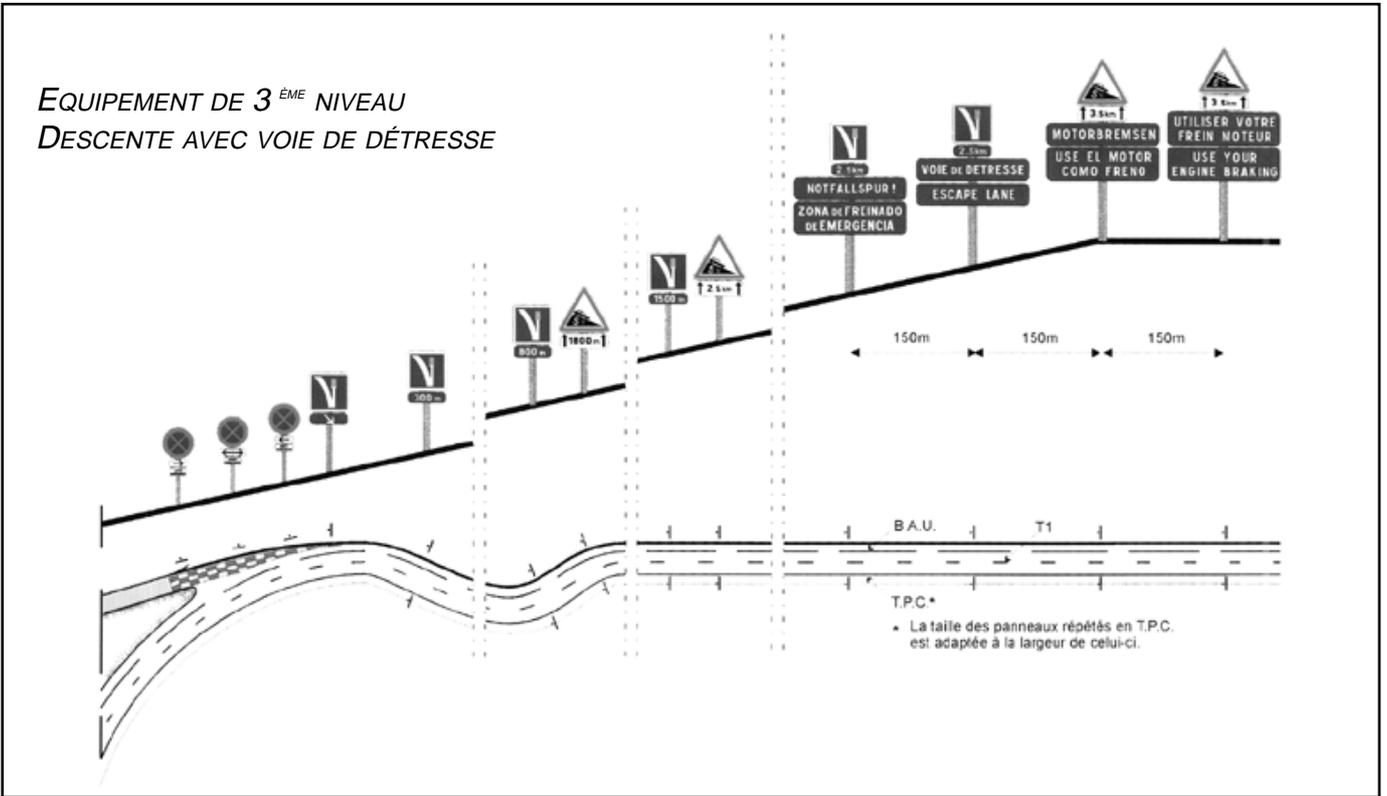
- proscrire les grands alignements droits et les courbes à grand développement ;
- leur préférer de courtes lignes droites associées à des rayons proches du rayon normal non déversé (Rnd) ;
- assurer en tout point une distance de visibilité pour la vitesse réellement pratiquée (V_{85}), ce qui peut avoir une influence sur le choix des dispositifs de retenue et sur les dégagements latéraux ;
- prévoir à l'amont de chaque descente, une zone de transition au moyen, par exemple, d'une réduction progressive des rayons du tracé en plan.
- introduire de façon franche la déclivité (éviter les pentes progressives).

Signalisation

Elle a pour but d'avertir les usagers du danger que représente la descente et d'indiquer les règles de conduite, et éventuellement des prescriptions influant sur le comportement des usagers.

Elle sera toujours de niveau 2, ou 3 lorsque la descente est équipée de voie de détresse, au sens du

Par contre, une limitation de vitesse n'est pas obligatoire et ne doit pas être systématique, surtout en l'absence de voie spécialisée pour véhicules lents. Cette limitation s'applique en général aux poids lourds et aux véhicules tractant une remorque dont le poids total autorisé en charge dépasse 250 kg, et doit correspondre aux vitesses réellement pratiquées par les véhicules impliqués respectant les conseils de conduite.



« Guide sur la signalisation des descentes » (Novembre 1985), modifié compte tenu des expériences effectuées en la matière. Dans le cas de pourcentage de pentes multiples, on n'indiquera que la descente la plus contraignante pour inciter le conducteur de P.L. à adopter dès le départ la bonne stratégie de conduite.

Le schéma ci-dessus indique quels panneaux utiliser et où les implanter ⁽¹⁾.

Lorsque la descente n'est pas équipée d'une **Voie Spécialisée pour Véhicules Lents (V.S.V.L.)**, cette signalisation sera complétée par le panneau ci-contre indiquant le risque de collision arrière dû au différentiel de vitesse important.



⁽¹⁾ Les traductions des panneaux de conseil de conduite doivent être prochainement revues.

Cette signalisation verticale peut être utilement complétée par une information de type diagramme de descente consultable sur panneau dans les aires annexes ou sur dépliant, ou une information vocale sur canal prioritaire C.B., ou tout autre système d'information directe.

Voie Spécialisée pour Véhicules Lents

La création d'une troisième voie affectée aux véhicules lents se justifie pour des raisons :

- de capacité, au même titre que pour les voies supplémentaires en rampe, compte tenu des vitesses faibles pratiquées par les poids lourds en charge dans les fortes pentes, généralement inférieures à 50 km/h ;
- de sécurité car elle atteint deux objectifs : inciter fortement les poids lourds à rouler en convoi, à vitesse faible et constante, et isoler ces véhicules lents des autres véhicules limitant ainsi le risque de collisions arrière.

Cet aspect sécurité conduit, bien avant la justification économique due à la capacité, à préconiser la mise en place d'une voie spécialisée pour véhicules

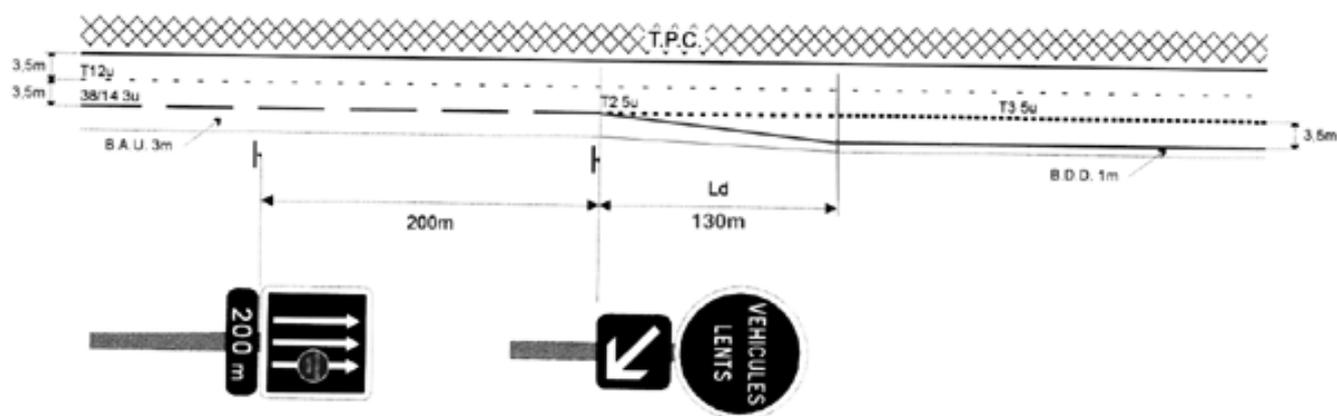
lents pour un T.M.J.A. PL supérieur à 1 500 véh/j à la mise en service, ou pour un trafic inférieur à ces valeurs à réserver l'emprise pour une implantation future.

Cette troisième voie, de 3,50 m de large, est réalisée au détriment de la B.A.U. remplacée par une B.D.D. de 1 m de large et des refuges équipés de P.A.U. au

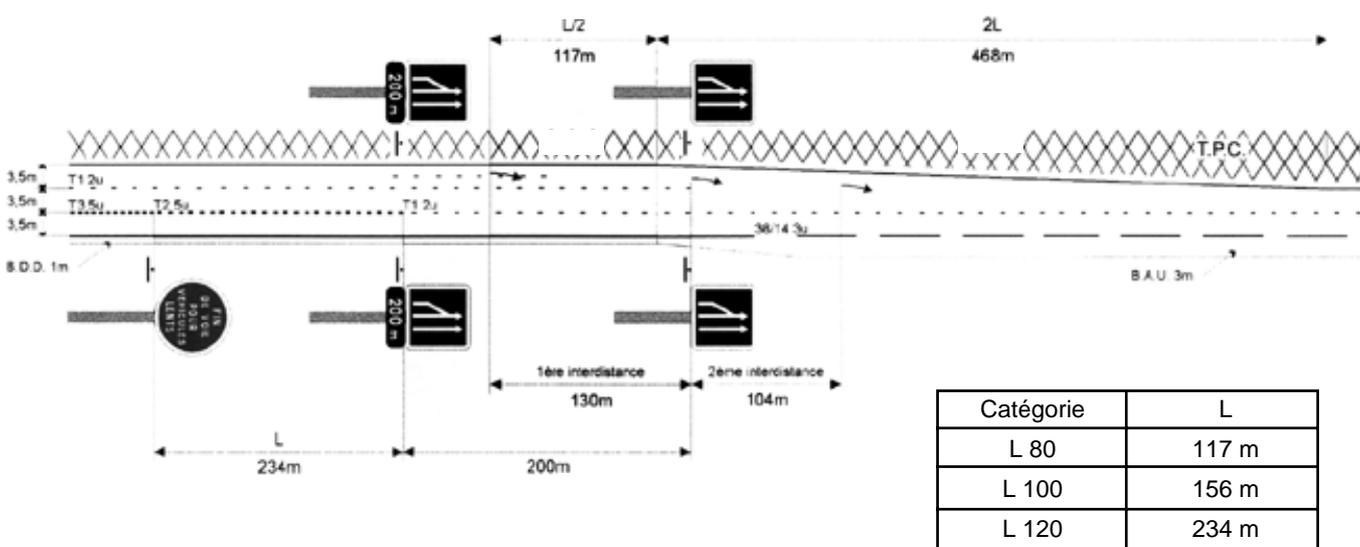
moins tous les kilomètres. Le refuge est constitué d'une zone d'arrêt de 4 m de large, par rapport au bord de la voie de circulation, et de 40 m de long encadrée de biseaux de 12 m (entrée) et 32 m (sortie).

La signalisation verticale et horizontale de cette voie ainsi que la géométrie des dispositifs d'extrémité sont indiquées sur les schémas ci-après⁽²⁾.

DÉBUT DE VOIE SPÉCIALISÉE POUR VÉHICULES LENTS



FIN DE VOIE SPÉCIALISÉE POUR VÉHICULES LENTS



⁽²⁾ Ces voies affectées présentent les mêmes avantages, en terme de sécurité, dans les rampes. Ces schémas remplacent donc ceux présentés dans la note d'information n° 21 « Implantation des voies supplémentaires en rampe sur infrastructures à 2 x 2 voies ».

Il faut noter que la fin de voie spécialisée pour véhicules lents se traduit par un simple changement de signalisation au sol (on passe de T2 5u au T1 2u), assurant ainsi la continuité de la voie de droite, le passage de 3 à 2 voies s'effectuant par rabattement de la voie rapide commençant 200 m au moins après la fin de V.S.V.L. afin de bien dissocier les manœuvres.

Cette voie spécialisée ne peut être interrompue au cours de la descente. Par contre, dans le cas où un ouvrage important est situé en fin de descente, on peut terminer la V.S.V.L. en amont, la longueur du dispositif de passage de 3 à 2 voies étant insuffisante pour que l'on constate une remise en vitesse trop importante des véhicules lents.

Voie de détresse (lit d'arrêt)

Ce dispositif permet d'immobiliser, sans dommage pour le chauffeur et le véhicule, un poids lourd dont les freins sont devenus inefficaces.

Bien que la voie spécialisée pour véhicules lents diminue notablement le risque d'avoir des véhicules lourds en perte de contrôle, ce risque subsiste. La pertinence de la mise en place d'un lit d'arrêt doit donc être examinée spécifiquement et indépendamment de la V.S.V.L.

Dans le cas où la descente ne comporte pas de points singuliers (échangeur, aire, viaduc, tunnel, virage d'un rayon inférieur à 1,5 Rm...), un éventuel lit d'arrêt ne se justifie que si celle-ci est longue et en tout cas pas avant que d.p ne soit supérieur à 130.

Par contre, à l'amont d'un point singulier, à moins qu'il ne soit situé au début de la descente, un lit d'arrêt sera systématiquement prévu en s'assurant que l'on a une visibilité suffisante à la fois sur le lit d'arrêt et sur le point singulier.

Ses caractéristiques géométriques, définies par ailleurs (*Guide Technique « Lits d'arrêt » SETRA [projet]*) doivent être psychologiquement favorables à son utilisation :

- bonnes conditions de visibilité ;
- inflexion du tracé en plan et du profil en long ;
- butte en extrémité de plate-forme.

Lorsque plusieurs lits d'arrêt existent, et pour que leur utilisation soit rationnelle, on s'interdira d'en signaler le nombre : seul celui à venir doit être signalé (voir schéma de signalisation).

Bibliographie

- Guide sur la signalisation des descentes. SETRA/ CETE de Lyon ; *novembre 1985*.
- Note d'information n° 45 : La sécurité dans les descentes. SETRA/CETE de Lyon ; *août 1987*.
- Etude des consommations d'air des véhicules articulés lors du freinage sur de longues descentes. UTAC ; *décembre 1990*.
- Descente sur autoroutes. SETRA/CETE de l'Est ; *décembre 1991*.
- L'insécurité des poids lourds dans les longues descentes. Rapport INRETS ; *février 1992*.
- Note sur le traitement des descentes autoroutières. SETRA ; *juin 1994*.
- Descente de Ceignes. SAPRR, Compte-rendu annuel ; *1995*.
- Le Pas de l'Escalette. Etude auprès des usagers. SETRA/MV2 Conseil ; *septembre 1996*.
- A75. Descente du Pas de l'Escalette. Evaluation du comportement des usagers (V.L., caravane, P.L.). SETRA/CETE de Rouen ; *octobre 1996*.
- Lits d'arrêt. Guide technique SETRA (Projet).

Cette note a été rédigée par :

Gilles Rouchon - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 33 30
Centre de la Sécurité et des Techniques Routières (CSTR)
Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA)

S.E.T.R.A. 46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 BAGNEUX Cedex - France
☎ 01 46 11 31 31 - Télécopie 01 46 11 31 69 - 01 46 11 34 00
Renseignements techniques : Gilles Rouchon - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 33 30
Bureau de vente : ☎ 01 46 11 31 55 - 01 46 11 31 53 - référence du document : **B 9707**

Ce document a été édité par le SETRA, il ne pourra être utilisé ou reproduit même partiellement sans son autorisation.

AVERTISSEMENT

Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

ISSN 1250-8675