



Ministère de l'Équipement,
du Logement, de l'Aménagement
du Territoire et des Transports
DR - DSCR

NOTE D'INFORMATION

B-C
28

Documentation Technique
Circulation Sécurité

Auteurs : INRETS/MA
SETRA/DLI

Editeur : SETRA
Mission Sécurité Routière

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES D'INFRASTRUCTURE SUR LA SECURITE Acquis récents de la recherche

Novembre 1986

Un des objectifs de recherche développés ces dernières années à l'I.N.R.E.T.S. a été de tenter de mettre en évidence l'incidence des défauts et combinaisons de défauts de l'infrastructure sur les accidents de la circulation, afin d'intégrer au mieux ces connaissances dans la conception des programmes locaux ou nationaux de sécurité routière.

A partir de l'étude de plus de 700 kilomètres de routes nationales, comportant l'analyse détaillée de 1 350 procès-verbaux d'accidents corporels, l'I.N.R.E.T.S. a mis en évidence des caractéristiques d'infrastructure ayant joué un rôle déterminant dans le déroulement des accidents, des seuils d'insécurité relatifs à certains des paramètres routiers, et des configurations accidentogènes types, en tentant également d'explicitier leurs influences sur le comportement du couple conducteur-véhicule.

Les principaux résultats obtenus concernent l'influence, sur le comportement des usagers et la sécurité, des caractéristiques routières telles que :

- les virages ;*
- les caractéristiques de surface (uni et adhérence) ;*
- l'accotement ;*
- les variations répétées des types de plate-forme ;*
- les distances de visibilité.*

Ces résultats font l'objet d'un rapport de recherche diffusé par l'I.N.R.E.T.S. sous le titre « Caractéristiques Routières et Sécurité ». Les conclusions essentielles de ce travail sont présentées ici, en les réinsérant dans le contexte plus général des enjeux et des actions envisageables.

Certains thèmes importants (carrefours, traversées d'agglomération...) ne sont pas traités dans cette note : les études récentes réalisées dans ces domaines sont cependant rappelées en bibliographie.

1 — LES VIRAGES

1.1. — L'ENJEU

D'après les statistiques nationales, les accidents en virage représentent, selon le type de route, 20 à 30 % des accidents hors agglomération.

Le virage accidenté se caractérise par une combinai-

son d'éléments qui pris isolément sont rarement à l'origine d'accidents, mais qui concourent à une aggravation des situations critiques.

Parmi les virages accidentés on distingue :

- les virages de rayon moyen inférieur à 150 m, tous accidentés lorsqu'ils sont isolés ;*

— les virages de rayon moyen compris entre 150 et 250 m qui ne sont accidentés que si d'autres éléments d'infrastructure viennent se combiner : rupture dans la courbure, faibles valeurs d'uni ou d'adhérence, dévers faible ou inversé, perte de visibilité due au tracé ou au profil en long...

1.2. — LES FACTEURS ACCIDENTOGENES

Influence de la zone d'approche :

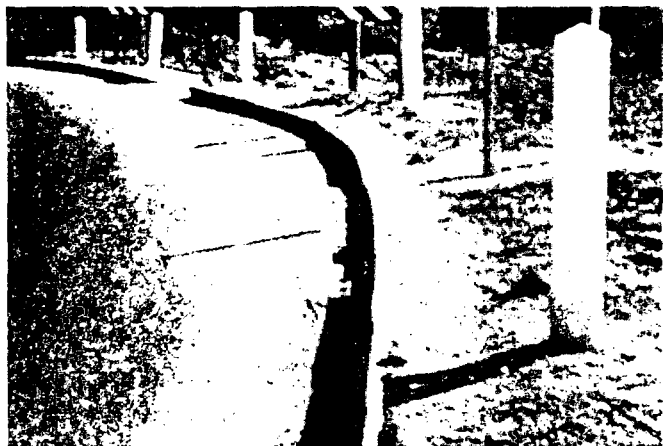
L'usager doit être alerté suffisamment tôt avant l'entrée du virage afin de réguler sa **vitesse** et d'anticiper sur sa trajectoire.

Il faut donc éviter les configurations pièges : longue ligne droite précédant une courbe de rayon inférieur à 250 m, perte de visibilité par profil en long empêchant toute **perception** du danger et anticipation de la trajectoire, masques latéraux, etc.

Les fortes déclivités, l'étroitesse de la chaussée, l'absence de zones de récupération interviennent comme éléments aggravant le déroulement de l'accident.

Influence d'une rupture dans le rayon de courbure :

L'INRETS relève dans la majorité des virages accidentés, une **variation brusque du rayon de courbure** (réduction égale ou supérieure à 50 % de la valeur moyenne et sur un arc d'au moins 30 mètres). Cette variation rend les virages trompeurs pour l'usager : la trajectoire adoptée en fonction de ce qu'il perçoit en entrée de virage se révèle alors inadaptée, surtout si la topographie environnante empêche toute anticipation.



Exemple de rupture dans le rayon de courbure.

Influence des caractéristiques de surface et du dévers :

L'uni et l'adhérence sont des facteurs aggravants car ils influencent le comportement dynamique du véhicule en situation difficile et réduisent le champ du possible (cf. § 3). Ces caractéristiques doivent être contrôlées et maintenues à un niveau acceptable.

Il faut en outre porter attention aux dévers. L'étude des virages accidentés montre que ceux-ci sont souvent corrects au centre du virage mais faibles en entrée-sortie. Il est donc souhaitable de prolonger progressivement le dévers dans le raccordement.

1.3. — LES ACTIONS ENVISAGEABLES

Les facteurs de risque en courbe sont liés essentiellement :

- aux faibles rayons de courbure (moins de 200 m en ordre de grandeur), surtout si la courbe est précédée d'un alignement droit ou d'une courbe à grand rayon ;
- aux variations brutales de courbure.

Les solutions envisageables pour traiter les virages dangereux sur les routes existantes consistent :

- à reprendre le tracé (rectification), en visant la régularisation de la courbe et du dévers (progressivité) plutôt que la stricte conformité aux normes en vigueur pour les routes neuves. Des précautions doivent être prises lors de la rectification d'un virage pour éviter le report éventuel des accidents sur les virages voisins (augmentation des vitesses pratiquées et hétérogénéité de l'itinéraire si l'opération est isolée). Le simple traitement de la surface de chaussée peut apporter une amélioration, mais ne constitue pas une solution définitive ;

- à signaler et baliser le virage, conformément aux prescriptions en vigueur (cf. Guide sur la signalisation des virages), en respectant une hiérarchie dans l'équipement sur l'ensemble de l'itinéraire, avec par ordre de danger croissant :

- le panneau « virage dangereux » (type A1)
- les balises blanches avec collier rétro réfléchissant (type J1)
- les balises à chevrons complétant les J1 (type J4).

- à offrir des possibilités de rattrapage (accotements suffisamment larges, revêtement de bonne qualité...).

L'efficacité constatée d'un balisage en courbe est plus faible que la rectification, mais son coût est nettement moindre.

Un examen global (diagnostic) de l'itinéraire, avec passage sur le terrain, avant toute décision d'aménagement ou d'équipement de virages, est indispensable afin de déterminer les priorités et la cohérence globale des solutions adoptées et d'éviter de dévaloriser les équipements mis en place par abus ou contre-emploi.

2 — LES ACCOTEMENTS

2.1. — L'ENJEU

Il ressort des statistiques nationales que les accidents en sortie de chaussée (véhicules isolés) représentent environ 30 % des accidents corporels sur R.N.

D'autre part la présence d'obstacles agressifs en bordure de chaussée en aggrave les conséquences. Les accidents contre obstacle représentent 20 % des accidents corporels et 25 % des tués en rase campagne.

Une part de ces accidents peut être résorbée par la pose de dispositifs de retenue. La présente note traite essentiellement de la géométrie et du traitement des accotements et non de leurs équipements.

L'accotement intervient souvent comme facteur aggravant lorsque l'usager est déjà en situation d'acci-

dent (pertes de contrôle en courbe ou en ligne droite, manœuvres d'évitement — principalement en intersection — chocs arrières ou perte de contrôle suite à un ralentissement...).

2.2. — TYPES D'ACCIDENTS/FACTEURS ACCIDENTOGENES

L'étude de l'influence des accotements sur la sécurité effectuée par l'I.N.R.E.T.S. fait apparaître des problématiques différentes selon les types d'infrastructure (virage, intersection, ligne droite...) et d'itinéraire.

1) Sur les axes rapides de type autoroutier, le facteur accotement intervient surtout dans les accidents se produisant sur de longues lignes droites. Ces accidents sont principalement dus à des assouplissements ou à une forte alcoolémie.

2) Sur les chaussées à 2 voies larges en site facile, le mauvais état des accotements agit sur l'accident dans deux configurations d'infrastructure : les longues lignes droites et les virages.

Les accidents en ligne droite sont des pertes de contrôle consécutives à un léger déport sur l'accotement ; dans les virages, l'accotement doit permettre à un véhicule en perte de trajectoire de se récupérer : il doit donc être suffisamment large et praticable.

3) Sur les itinéraires moyennement difficiles, le facteur accotement intervient dans un nombre important d'accident. Le moindre écart dans la trajectoire en ligne droite ou en virage est difficilement rattrapable lorsque les accotements sont impraticables ou inexistant.

Pour ces itinéraires, la reconstitution d'un accotement correctement traité est nécessaire, notamment dans les zones de dépassements et de conflits potentiels et dans les virages à caractéristiques accidentogènes.

2.3. — PROPOSITIONS

La présence d'un accotement a un effet positif sur la sécurité.

Une largeur de 2 m (1 m à 1,50 m en site difficile) semble être un minimum. L'accotement doit en outre être arasé et stabilisé au moins partiellement pour permettre la récupération des véhicules s'écartant légèrement de la chaussée. On peut envisager pour l'accotement un revêtement de couleur différente de celui de la chaussée : son traitement ne doit pas le transformer en une voie supplémentaire officieuse, ni conduire à une perception trompeuse des possibilités de stationnement.

Les obstacles en bordure de chaussée devraient être supprimés si possible ou repoussés au-delà d'une zone de sécurité de 4 m (se reporter à la circulaire du 28.11.1984 sur les conditions techniques des plantations d'alignement). Les fossés et les têtes de buses sont également des obstacles qu'il est important de traiter correctement (cf. Note d'information n° 19 de la Mission Sécurité Routière du S.E.T.R.A. : « Attention ponceaux, fossés, têtes d'aqueducs, danger ! »).



L'accotement : un "droit à l'erreur".



3. — L'UNI ET L'ADHERENCE

3.1. — L'ENJEU

D'après les statistiques nationales, environ 20 % des accidents corporels se produisent sur chaussée glissante (y compris en présence de neige et de verglas).

Un mauvais uni ou une mauvaise adhérence ne sont généralement pas les causes premières d'un accident mais des facteurs aggravant son déroulement.

Les caractéristiques d'uni et d'adhérence interviennent dans le déroulement de l'accident lorsque le véhicule est sollicité en accélération transversale (manœuvres d'évi-

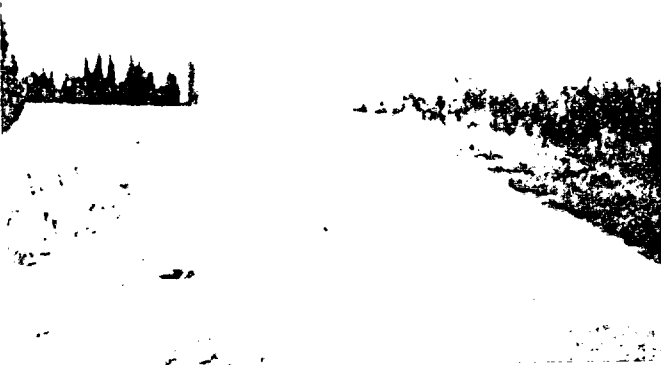
tement, virages), ou en accélération longitudinale (manœuvres de freinage). La combinaison de défauts d'uni et d'adhérence est particulièrement néfaste pour la stabilité du véhicule.

3.2. — FACTEURS ACCIDENTOGENES ET COMPORTEMENT DES USAGERS

Les défauts d'uni ou défauts de planéité du revêtement affectent particulièrement le confort des usagers. Selon leur importance (longueur d'onde, fréquence) et la vitesse des véhicules, l'uni peut agir au niveau de la caisse, de l'ensemble roues ou du pneumatique.

Pour les grandes longueurs d'onde (fréquence de 0,5 à 2 Hz) les vibrations de la caisse sont particulièrement sensibles pour l'usager. Pour des raisons de confort, celui-ci a alors tendance à ralentir spontanément et un mauvais uni peut dans de telles conditions ne pas poser de problèmes.

Par contre, pour les faibles longueurs d'onde (fréquence supérieure à 10 Hz), les vibrations au niveau de l'ensemble roues ou du pneumatique influencent le comportement dynamique du véhicule en détériorant le contact pneumatique-chaussée. Ce phénomène est d'autant plus sensible qu'il n'est pas ressenti par l'usager. Les valeurs identifiées dans les problématiques d'accident sont inférieures à 4 pour l'APL 72 et supérieures à 12 pour l'APL 25.



Mauvais uni.

L'adhérence caractérise la qualité du contact pneumatique-chaussée. Elle diminue particulièrement lorsque la chaussée est mouillée. La présence d'un film d'eau entre le pneumatique et le revêtement affecte la stabilité du véhicule en freinage ou soumis à des sollicitations transversales (tracés difficiles, virages...).

L'adhérence ne pouvant être réellement utilisée que si les roues restent en contact avec le sol, l'uni conditionne aussi le niveau d'adhérence.

Les seuils d'uni à respecter sur une chaussée neuve ou lors de travaux d'entretien sont définis dans la circulaire du 23 juillet 1984. Les prescriptions en vigueur concernant l'adhérence datent de 1969 et sont en cours de révision.

3.3. — ACTIONS ENVISAGEABLES

La recherche de l'I.N.R.E.T.S. montre qu'il faut veiller plus particulièrement au maintien de bonnes valeurs d'uni et d'adhérence dans les zones où le véhicule est fortement sollicité : tracés difficiles, zones de conflits potentiels entre usagers (intersections, zones de ralentissement, zones de dépassement).

— Adhérence :

La note d'information n° 29 développera ce sujet.

Il n'est pas nécessaire d'augmenter l'adhérence sur tout un itinéraire mais plutôt de maintenir celle-ci à une valeur suffisante (0,6 à 0,8 par exemple) aux points particuliers de l'itinéraire que constituent les intersections, les zones de ralentissement, de rabattement et de transition (zones de fortes sollicitations).

Les zones où la proportion d'accidents sur chaussée mouillée est significativement élevée doivent normalement faire l'objet d'un diagnostic et d'une enquête approfondie sur le terrain.

Les solutions possibles consistent :

— à améliorer l'adhérence par suppression des zones d'accumulation d'eau et amélioration de la rugosité ;



Zone d'accumulation d'eau = perte d'adhérence.

— à réduire la demande d'adhérence par action sur l'usager (limitation des vitesses) et sur la route (amélioration du tracé, du dévers et de l'uni).

On constate en général une réduction globale de l'ordre de 70 % du nombre d'accidents et du nombre de tués après traitement.

— Uni :

Les caractéristiques d'uni doivent faire l'objet d'un suivi. Elles doivent être maintenues à un niveau acceptable tout au long de l'itinéraire et particulièrement contrôlées dans les zones à fortes sollicitations (tracés tourmentés, carrefours, zones de transition...).

4. — HETEROGENEITE DE LA PLATE-FORME

4.1. — FACTEURS ACCIDENTOGENES :

L'alternance de sections de chaussées de profil en travers différent entraîne dans certains cas des problèmes d'adaptation de conduite pour les usagers.

Ainsi la succession trop fréquente de sections à 2×2 voies sur une route à 3 voies banalisées entraîne un nombre élevé d'accidents de nuit : le trafic plus fluide favorise les vitesses élevées et le passage d'une 2×2 voies à une 3 voies banalisées semble poser des problèmes d'éblouissement et de positionnement sur la chaussée. D'autre part, les transitions de 2×2 voies à 3 ou 2 voies posent des problèmes d'insécurité quand elles sont mal traitées ou lorsqu'elles coïncident avec des points singuliers (intersection, virage de faible rayon...) surchargeant la tâche de conduite de l'usager.

4.2. — PROPOSITIONS :

Il faut veiller à assurer de bonnes conditions d'approche sur les zones de transition pour permettre aux usagers de prendre conscience suffisamment tôt des modifications intervenant dans le type de plate-forme. Il convient de se référer aux seuils temporels mis en évidence au paragraphe 5. Les zones de transition ne devraient pas coïncider avec des points « durs » de l'itinéraire (carrefours, virages contraignants, ouvrages d'art pénalisants pour la visibilité, mauvaises caractéristiques de surface...). On notera que l'absence d'accotements le long de ces zones augmente d'autant le risque d'accident.

Cas des aménagements progressifs :

Dans le cas d'une mise à 2×2 voies à terme, il convient d'éviter un « saupoudrage » anarchique des sections à 2×2 voies qui induirait une succession trop fréquente de courtes sections de profil en travers différents. On préférera des créneaux de dépassement courts et suffisamment espacés, comme indiqué ci-après, ou une section continue à 2×2 voies sur une partie de l'itinéraire, avec une transition bien marquée (carrefour important, agglomération...).

Les zones de transition seront très progressives.

Cas des créneaux de dépassement :

Sur un itinéraire à 2 voies dont l'élargissement à 2×2 voies n'est pas prévu à terme et sur lequel existe une forte demande de dépassement, l'aménagement de créneaux de dépassement à 2×2 voies ou 3 voies est tout-à-fait envisageable. Les créneaux sont efficaces si leur longueur est comprise entre 1 km et 1,5 km. Le phénomène d'accoutumance à la vitesse ne s'observe alors pas et, correctement traitées, les zones de transition ne sont pas plus accidentées que le reste de l'itinéraire.

Les réflexions en cours sur ce sujet (Groupe de Travail présidé par M. H.G.S. THEDIE) doivent permettre de préciser la doctrine.

On évitera l'implantation de créneaux à 2×2 voies sur une route à 3 voies.

5. — DISTANCES DE VISIBILITE

5.1. — L'ENJEU

La visibilité est un paramètre fondamental de la qualité du tracé, notamment par son incidence sur la perception des points singuliers (carrefours, virages,...) et sur les possibilités de dépassement offertes sur l'itinéraire.

L'INRETS a mis en évidence des seuils de distance de visibilité, en dessous desquels le risque d'accident s'accroît significativement. Ce seuil varie selon les types d'itinéraires et les configurations d'infrastructure. Le profil en long est en cause dans la majeure partie des cas.

5.2. — ANALYSE DES FACTEURS ACCIDENTOGENES

Seuils de visibilité sur intersection :

a) Sur itinéraires très rapides ($V_{85} (*) = 120$ km/h par exemple) des dysfonctionnements liés à des distances de visibilité apparaissent en dessous du seuil de 300 m environ. On relève des problèmes de compréhension de l'aménagement des intersections : ambiguïté du positionnement pour tourner à gauche pour un véhicule de l'axe principal par exemple.

b) Sur des itinéraires rapides ($V_{85} = 100$ km/h), les problèmes apparaissent en-dessous de 150 m environ.

c) Sur les itinéraires moyennement difficiles au tracé sinueux et vallonné ($V_{85} < 90$ km/h), les dysfonctionnements apparaissent en-dessous de 125 m environ.

(*) V_{85} : vitesse atteinte ou dépassée par 15 % des véhicules, appelée plus communément V_{15} .

Seuils de visibilité en approche de virage :

Si l'itinéraire est facile, des dysfonctionnements apparaissent pour des distances de visibilité inférieures à 100 m.

S'il est difficile, le seuil de visibilité en-dessous duquel des accidents se produisent, est de l'ordre de 50 m.

Seuils de visibilité en approche de zones de rupture (variation de plate-forme, zones de transition...) :

L'analyse de ces zones a permis d'identifier sur les itinéraires faciles et plus sinueux certains types d'accidents pour lesquels des distances de visibilité se sont révélées insuffisantes. Celles-ci sont de l'ordre de 150 m sur itinéraire facile, 100 m sur itinéraire difficile.



Mauvaise perception de l'intersection.

On sait par ailleurs que les distances minimales de visibilité permettant le dépassement en sécurité sont de l'ordre de 400 m ($V_A = 100$ km/h)

5.3. — ACTIONS ENVISAGEABLES

Il faut chercher à améliorer les distances de visibilité sur les zones de rupture comme les intersections et les zones de transition, en tenant compte de la vitesse d'approche pratiquée par l'utilisateur.

En effet, celle-ci influe sur le temps dont dispose l'utilisateur pour rechercher des informations visuelles et adapter sa conduite. L'INRETS a estimé les seuils de temps d'anticipation dont disposait théoriquement l'utilisateur et qui ne lui ont pas permis d'éviter l'accident.

Ces valeurs temporelles, qui varient suivant les configurations d'infrastructure (intersections, virages, zones de rupture) et les types d'itinéraires, sont indiquées dans le tableau ci-dessous, ainsi que les distances de visibilité correspondantes pour des vitesses conventionnelles.

	Intersection	Zone de rupture	Virages
Itinéraires rapides (2 x 2 v.) $V_{85} = 120$ km/h	10 s 300 m	10 s 300 m	/
Itinéraires faciles $V_{85} = 100$ km/h	6 s 150 m	5 s 130 m	3 s 100 m
Itinéraires moyennement difficiles $V_{85} = 90$ km/h	5 s 125 m	4 s 100 m	2 s 50 m

Valeurs temporelles moyennes disponibles ()
Distances de visibilité (m)*

(*) Valeurs obtenues en première approximation.

Ces temps sont comparables sur intersection ou zone de rupture. Sur itinéraires rapides à 2 fois 2 voies, les durées d'anticipation sont bien supérieures : ceci s'explique probablement par un délai supplémentaire d'adaptation à l'approche de zones de rupture.

Lors de l'établissement de projets routiers, le concepteur devra s'assurer que le temps dont l'utilisateur dispose

pour la recherche d'informations est supérieur à ceux indiqués dans le tableau.

On rappelle d'autre part la nécessité de maintenir sur routes bidirectionnelles la visibilité de dépassement sur une proportion aussi élevée que possible de l'itinéraire (supérieure à 50 %).



BIBLIOGRAPHIE

- Caractéristiques routières et sécurité. Reconnaissance de la contribution des facteurs route dans la genèse des accidents. Rapport de synthèse. INRETS 1986.
- Contrôle de l'uni longitudinal des travaux sur chaussée. Guide Technique. S.E.T.R.A. Mars 1985.
- Circulaire n° 84-50 du 23/7/84 sur le contrôle de l'uni longitudinal des travaux sur chaussée.
- Note d'information n° 29 de la Mission Sécurité Routière du S.E.T.R.A. : « Adhérence des revêtements ».
- Guide sur la signalisation des virages. Etudes de cas. S.E.T.R.A. 1980, réédité en 1985.
- Rapport du groupe de travail THEDIE sur les créneaux de dépassement. A paraître.
- Circulaire de Novembre 1985 sur les zones de dépassement à 3 voies sur routes interurbaines à 2 voies.
- Note d'information n° 10 de la Mission Sécurité Routière du S.E.T.R.A. : « Vitesses pratiquées et géométrie de la route ».
- Note d'information n° 4 de la Mission Sécurité Routière du S.E.T.R.A. : « Les dispositifs de retenue, où les mettre ? ».
- Note d'information n° 19 de la Mission Sécurité Routière du S.E.T.R.A. : « Attention ponceaux, fossés, têtes d'aqueducs, danger ! ».
- Conception des déviations d'agglomération - Prise en compte de la sécurité. S.E.T.R.A. 1986.
- Analyse de la sécurité en carrefour plan sur les routes interurbaines. Rapport d'étude. S.E.T.R.A. 1984.
- Sécurité dans les traversées de petites agglomérations. Eléments de réflexion. S.E.T.R.A. 1984.
- Guide technique : Les carrefours plans sur routes interurbaines. S.E.T.R.A. 1980.
- Guide technique sur les carrefours giratoires. S.E.T.R.A. 1984.

Cette note a été rédigée par :

M. YERPEZ Joël
I.N.R.E.T.S. - Département Mécanismes d'Accidents (M.A.)
Salon-de-Provence
et Mlle PASTOR Marie-Josée
S.E.T.R.A. - Division des Liaisons Interurbaines - L.I. 10

S.E.T.R.A., 46, Avenue Aristide-Briand, 92223 BAGNEUX - France
Tél. (1) 42.31.31.31 - Téléc : 260763 SETRA BAGNX
Renseignements Techniques : J. YERPEZ - I.N.R.E.T.S. - Tél. 90.56.30.93 ;
M.-J. PASTOR - D.L.I. - Tél. (1) 42.31.32.91
Bureau de Vente : Tél. (1) 42.31.31.55 - (1) 42.31.31.53 - Référence du document E 8648
Illustrations : M. YERPEZ - I.N.R.E.T.S.

AVERTISSEMENTS :

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.