

Direction des routes

Circulaire n° 2002-39 du 16 mai 2002 relative à l'adhérence des couches de roulement neuves et au contrôle de la macrotextureNOR : *EQUR0210090C*

Le ministre de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer, à Mesdames, Messieurs les préfets de région, directions régionales de l'équipement, centres d'études techniques de l'équipement ; Mesdames, Messieurs les préfets de département, directions départementales de l'équipement ; Messieurs les ingénieurs généraux coordonnateurs des missions d'inspection générale territoriale ; Messieurs les ingénieurs généraux spécialisés routes, Messieurs les ingénieurs généraux spécialisés ouvrages d'art, Monsieur le directeur du service d'études techniques des routes et autoroutes ; Monsieur le directeur du centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques ; Monsieur le directeur du centre d'études des tunnels ; Monsieur le directeur du laboratoire central des ponts et chaussées ; Monsieur le président de la mission du contrôle des sociétés concessionnaires d'autoroutes.

L'adhérence des chaussées représente une composante importante du niveau de service des axes routiers. Elle contribue en effet à la sécurité des usagers, plus particulièrement lorsque les chaussées sont mouillées ou humides.

La circulaire n° 88-78 du 1^{er} septembre 1988 énonçait un certain nombre de recommandations à respecter pour obtenir des caractéristiques antidérapantes convenables sur les revêtements disponibles à l'époque, principalement en matière :

- de macrotexture, pour assurer l'évacuation des eaux de ruissellement de l'aire de contact du pneumatique, notamment à vitesse élevée, et éviter ainsi les risques d'aquaplanage ;
- et de microtexture, pour rompre le film d'eau résiduel et offrir le plus grand contact « sec » possible entre la gomme du pneumatique et la surface de la chaussée.

L'application de cette circulaire a incité les maîtres d'œuvre à dissocier les fonctions de la couche de surface et à ajuster l'offre à la demande d'adhérence. Cette dissociation des fonctions a permis de faire évoluer la gamme des revêtements disponibles :

- apparition de nouvelles techniques comme les bétons bitumineux ultra-minces ;
- optimisation de techniques récentes comme les bétons bitumineux très minces et les bétons bitumineux drainants ;
- amélioration de techniques existantes comme les enrobés coulés à froid ;
- disparition de techniques anciennes comme les bétons bitumineux cloutés ;
- développement des techniques de traitement de surface, notamment des revêtements en béton de ciment.

La progression des connaissances et le suivi des techniques ont permis en outre de renforcer l'importance de deux notions de base :

1. Le pneumatique neuf ou moyennement usé peut compenser partiellement une mauvaise macrotexture mais ne peut pas rattraper une faible microtexture.
2. La microtexture est nécessaire à toutes les vitesses et ne dépend pas que de la seule résistance au polissage des gravillons.

Par ailleurs, des études de sécurité ont montré que, si l'adhérence du revêtement n'était pas le premier facteur déclenchant d'un accident sur chaussée mouillée ou humide, il existait néanmoins une relation directe entre adhérence et gravité de l'accident notamment en site difficile.

Ceci conduit donc à faire évoluer les recommandations de la circulaire de 1988.

1. Objet

La présente circulaire a pour but d'énoncer les objectifs de qualité d'adhérence des couches de roulement neuves, de les traduire en spécifications dans les cahiers des charges des marchés de travaux et de définir les modalités de contrôle de conformité des ouvrages en fin de réalisation.

La présente circulaire n'a pas pour but de définir explicitement des objectifs d'adhérence des chaussées existantes qu'il conviendrait d'atteindre en permanence sur tout le réseau. La fixation de performances obtenues sur couches de roulement neuves vise à offrir une adhérence qui demeure dans tous les cas acceptable malgré une diminution des caractéristiques physiques du revêtement due à l'usure.

Elle participe en cela à l'amélioration de la sécurité des usagers de la route ; elle annule et remplace la circulaire n° 88-78 du 1^{er} septembre 1988.

2. Domaine d'application

La présente circulaire s'applique au réseau routier et autoroutier national. Son éventuelle utilisation pour d'autres réseaux est à apprécier, en fonction de l'usage de la voirie concernée par le maître d'ouvrage de celle-ci.

Elle concerne toutes les couches de roulement neuves mises en œuvre dans le cadre de travaux de construction, de réhabilitation ou d'entretien de chaussées, pour des marchés dont la procédure d'appel d'offres sera lancée après le 1^{er} janvier 2003. Elle ne concerne donc pas les couches de roulement réalisées au titre de marchés antérieurs.

Les mesures contractuelles de contrôle de la macrotecture ne visent que les couches de roulement définitives des chaussées. Elles s'appliquent également aux couches de roulement provisoires lorsque, exceptionnellement, les couches de roulement définitives sont différées au-delà de l'achèvement des chantiers.

3. Recommandations

L'adhérence d'un revêtement correspond à sa capacité à mobiliser des forces de frottement entre le pneumatique et la chaussée sous l'effet des sollicitations engendrées par la conduite : accélérations, freinages, changements de direction...

Elle permet :

- de conserver à tout moment la trajectoire désirée, notamment en virage ;
- de réduire les distances de freinage et d'arrêt d'urgence, plus particulièrement en carrefour ;
- de faciliter les manœuvres d'évitement ou de récupération de trajectoire.

Sur chaussées sèches et propres, le niveau d'adhérence est en général satisfaisant pour des conditions normales de conduite.

Au contraire, sur chaussées mouillées ou humides, l'adhérence diminue quand la vitesse du véhicule augmente par suite de la présence d'eau qui s'interpose entre le pneumatique et la surface de la chaussée.

Pour obtenir un bon niveau d'adhérence, il faut assurer un contact « sec » entre le pneumatique et la chaussée, sur la plus grande surface possible :

- en évitant d'abord toute cause d'accumulation d'eau sur la chaussée par la recherche de caractéristiques géométriques longitudinales et transversales satisfaisantes vis-à-vis notamment des écoulements gravitaires ;
- puis en faisant le bon choix du revêtement parmi la vaste panoplie des techniques disponibles en fonction des conditions de circulation et des configurations de site ; pour les travaux d'entretien, il convient en outre de rappeler que la couche de roulement à mettre en œuvre doit avoir une épaisseur suffisante lorsque le support est déformé.

3.1. *Caractéristiques géométriques de la chaussée* *Influence de l'uni longitudinal*

Sur chaussée sèche aussi bien que sur chaussée mouillée ou humide, certains défauts localisés d'uni longitudinal, en particulier dans les petites longueurs d'ondes, peuvent diminuer l'adhérence mobilisable par délestage des roues des véhicules.

L'obtention d'un bon uni longitudinal est donc une condition préalable à la recherche de caractéristiques d'adhérence satisfaisantes.

Les seuils d'uni longitudinal à respecter sont fixés dans la circulaire n° 2000-36 du 22 mai 2000.

Incidence des accumulations d'eau sur la chaussée

Les accumulations d'eau en lames d'écoulement ou en flaques statiques, peuvent atteindre plusieurs millimètres pour les premières et plusieurs centimètres pour les secondes, et résulter de problèmes :

- de conception : pentes transversales trop faibles, changements de dévers mal conçus ;
- ou d'entretien : présence de déformations importantes sur la chaussée ou défauts d'évacuation latérale dus par exemple à l'existence de bordures ou d'accotements non dérasés avec des exutoires inadaptés.

Vous vous reporterez aux recommandations figurant dans les documents suivants pour éliminer ces risques d'accumulation d'eau :

- le guide technique concernant l'aménagement des routes principales (ARP) ;
- l'instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (ICTAAL) ;
- l'instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU) ;
- la recommandation pour l'assainissement routier (RAR) ;
- le guide pratique concernant l'entretien courant de l'assainissement de la route, en les complétant, si cela est nécessaire, par des dispositions constructives particulières notamment pour les zones à forte pente et les zones de raccordement de dévers des chaussées à profil en travers large.

3.2. *Choix du revêtement* *Rôle de la macrotecture*

La capacité d'évacuation de la lame d'eau par le pneumatique et le revêtement dépend des sculptures du pneumatique et de la drainabilité superficielle du revêtement, laquelle est assurée par sa macrotecture.

La macrotecture caractérise la présence d'irrégularités de surface dont la gamme de dimensions est de 0,2 à 10 millimètres verticalement et de 0,5 à 50 millimètres horizontalement.

Elle dépend de la dimension des granulats, de la formule du revêtement, de la mise en œuvre (compactage) et du traitement de surface éventuel.

Une forte macrotecture a un effet bénéfique sur l'évacuation superficielle des eaux de ruissellement et sur la réduction des projections d'eau ainsi que sur les propriétés optiques d'un revêtement humide (suppression de l'effet miroir, ...) mais elle peut conduire à augmenter le bruit de contact pneumatique-chaussée et la résistance au roulement.

Une faible macrotecture est susceptible d'entraîner, par temps de forte pluie et à vitesse élevée, une perte d'adhérence qui résulte de la persistance d'une lame d'eau entre le pneumatique et le revêtement engendrant ainsi le phénomène d'aquaplanage, lequel se traduit par une perte de maîtrise de la conduite.

La recherche de l'obtention et de la durabilité de la macrotecture doit être l'une des idées directrices de la formulation. Vous vous reporterez pour cela aux normes de produits routiers et à leurs documents d'application.

Rôle de la microtexture

La microtexture caractérise les microaspérités de surface d'un revêtement qui permettent d'obtenir le contact « sec » avec la gomme du pneumatique en perçant le film d'eau résiduel. Sa gamme de dimensions est de 0 à 0,2 mm verticalement et de 0 à 0,5 mm horizontalement.

La microtexture dépend de nombreux paramètres liés à la formule et aux constituants, mais les connaissances en la matière sont actuellement insuffisantes pour hiérarchiser leur influence relative et la voie de la recherche reste de ce fait largement ouverte.

Il convient cependant de rappeler que la microtexture initiale et sa durabilité sont en partie influencées :

- par la capacité des granulats à présenter et à conserver le plus longtemps possible des arêtes vives et à offrir une surface durablement rugueuse résistant bien au polissage induit par le trafic ;
- et par la formule du revêtement, en particulier par la dimension maximale des granulats et le pourcentage d'éléments fins.

La microtexture ne devient cependant totalement efficace que lorsque le film de liant superficiel a été décapé par le trafic.

4. Contrôle de la macrotecture

La présente circulaire ne prévoit de contrôler que la profondeur de macrotecture obtenue *in situ*, car il n'existe pas aujourd'hui de méthode satisfaisante pour la mesure directe de la microtexture.

4.1. Organisation générale du contrôle

Le contrôle de la macrotecture doit être effectué dans un délai maximal de six semaines après la fin de la mise en œuvre de la couche de roulement.

L'organisation générale du contrôle de la macrotecture prévoit de prononcer la réception d'une section de caractéristiques homogènes par découpage de celle-ci en lots de contrôle définis à partir du point de départ de la section, chaque lot de contrôle ayant une longueur de 500 mètres à 1000 mètres et une largeur égale à celle d'une voie de circulation. La position exacte du point de départ de la section est fixée par le maître d'œuvre. Les lots de contrôle sont consécutifs sur une voie de circulation, sauf dispositions contraires précisées dans le marché. L'extrémité de la section est incluse dans le dernier lot de contrôle de chaque voie de circulation. Pour un chantier de longueur inférieure à 500 mètres, le lot de contrôle correspond à la longueur du chantier et ce pour chaque voie de circulation.

Les spécifications définies dans la partie 5 sont applicables à chacun des lots de contrôle ainsi constitués. Elles concernent l'ensemble d'une section de caractéristiques homogènes à l'exclusion des points singuliers, lesquels doivent faire l'objet d'une réception particulière adaptée (*cf.* paragraphe 5.2.).

4.2. Modalités du contrôle

Le contrôle de la macrotecture peut être effectué :

- soit par une mesure stationnaire ponctuelle en utilisant la méthode volumétrique de l'essai à la tache de sable (détermination d'une valeur de hauteur au sable vraie ou HSv selon la norme EN 13036-1) : c'est l'essai de référence. Chaque lot de contrôle fait l'objet d'une mesure tous les 20 m dans la bande de roulement droite et dans l'axe de la voie de circulation. Pour chaque lot de contrôle, on calcule la moyenne des valeurs de HSv mesurées dans chacune des deux lignes de mesure ;
- soit par une mesure dynamique continue en utilisant une méthode profilométrique (détermination d'une valeur de profondeur moyenne de texture selon la norme NFP 98 216-2) : le résultat de cet essai est recalé par rapport à celui de l'essai de référence (détermination d'une valeur de hauteur au sable calculée ou HSc). Chaque lot de contrôle fait l'objet d'une mesure en continu dans la bande de roulement droite et dans l'axe de la voie de circulation. Chacune des deux lignes de mesure est découpée en segments de 20 mètres de longueur, et sur chaque segment est déterminée une valeur moyenne de HSc. Pour chaque lot de contrôle, on calcule la moyenne des valeurs de HSc obtenues sur chacune des deux lignes de mesure.

La moyenne des valeurs de HSv (respectivement HSc) de chaque lot de contrôle est comparée à la valeur moyenne spécifiée HSvSpé. Les valeurs élémentaires de HSv (respectivement HSc) sont comparées à la valeur minimale spécifiée HSvMin. Les valeurs spécifiées sont définies dans la partie 5.

Un lot de contrôle est accepté si d'une part la moyenne des valeurs de HSv ou de HSc obtenues sur chacune des deux lignes de mesure est supérieure ou égale à la valeur moyenne spécifiée HSvSpé et si d'autre part il n'existe pas deux valeurs élémentaires de HSv ou de HSc consécutives situées sur la même ligne de mesure ou sur le même profil en travers des deux lignes de mesure, inférieures à la valeur minimale spécifiée HSvMin.

Chaque fois qu'un résultat obtenu par une méthode profilométrique ne permet pas d'accepter un lot de contrôle, on effectue des mesures de HSv.

Un lot de contrôle est refusé si la moyenne des valeurs de HSv obtenue sur l'une ou l'autre des deux lignes de mesure est égale ou inférieure à la valeur minimale spécifiée HSvMin ou si deux valeurs élémentaires de HSv consécutives situées sur la même ligne de mesure ou sur le même profil en travers des deux lignes de mesure, sont inférieures à la valeur minimale spécifiée HSvMin.

Un lot de contrôle est litigieux si la moyenne des valeurs de HSv obtenues sur au moins une ligne de mesure est comprise entre la valeur moyenne spécifiée HSvSpé et la valeur minimale spécifiée HSvMin. Pour ce cas, des mesures complémentaires de coefficient de frottement longitudinal (CFL) sont effectuées roue bloquée et pneumatique AIPCR lisse (norme NFP 98 220-2) à la vitesse autorisée de la voie de circulation, sur la ou les lignes de mesure non conformes du lot de contrôle litigieux.

Le recueil des clauses contractuelles types joint à la présente circulaire détaille ces modalités de contrôle et vous propose des rédactions adaptées pour les clauses des marchés de travaux.

5. Spécifications

Les spécifications définies ci-après ne visent que la profondeur de macrotecture obtenue *in situ*. Elles sont modulées selon le type de l'itinéraire, la vitesse de circulation autorisée et la configuration du site.

Les conditions à remplir vis à vis de la microtexture sont considérées atteintes dès lors que les exigences imposées sur les granulats et la formule du revêtement sont satisfaites ; elles sont de ce fait approchées à travers le choix du type et de la composition de la couche de roulement.

Je vous recommande en conséquence de veiller tout particulièrement à ce choix du revêtement afin d'adapter l'offre à la demande d'adhérence en fonction de l'itinéraire concerné.

Pour cela, il convient de découper l'itinéraire en sections de caractéristiques homogènes vis à vis de la conduite, et pour chacune d'elles :

- d'évaluer la demande d'adhérence, liée à la difficulté rencontrée en termes de condition de circulation (vitesse, trafic) et de configuration de site ainsi qu'à la présence de points singuliers ;
- de déterminer le niveau de macrotecture répondant à cette demande, hors points singuliers ;
- de choisir le type de couche de roulement permettant de garantir ce niveau de macrotecture ;
- de contrôler la composition et la mise en œuvre du revêtement sur chantier pour vérifier que l'objectif est atteint.

Je vous rappelle en outre que le choix de la technique doit aussi tenir compte des autres qualités attendues pour la couche de roulement, à savoir :

- le rôle d'étanchéité indispensable à la protection de la structure de chaussée ;
- la résistance à l'orniérage, au fluage, à la fissuration... ;
- le caractère réducteur du bruit de roulement en milieu urbain et périurbain.

La satisfaction de l'ensemble de ces exigences parfois contradictoires conduit souvent à rechercher un compromis, lequel est de plus fonction du contexte économique ; la dissociation des fonctions de la couche de surface doit donc être envisagée systématiquement. Vous trouverez d'ailleurs des solutions dans le catalogue des structures types de chaussées neuves de 1998.

Il convient aussi de préciser que les granulats utilisables en couches de roulement doivent satisfaire les spécifications définies dans les documents d'application des normes de produits routiers.

5.1. Découpage et traitement de l'itinéraire en sections de caractéristiques homogènes

L'itinéraire doit être découpé en sections de caractéristiques homogènes de plusieurs kilomètres, correspondant à des séquences de conduite différentes fonction des conditions de circulation et des configurations de site.

Cependant, le souci d'adapter l'offre à la demande d'adhérence ne doit pas conduire à gérer l'adhérence de façon trop différenciée, ce qui aboutirait à une succession de techniques différentes et, par suite, à une hétérogénéité de la chaussée qui pourrait avoir des effets néfastes sur les attentes des usagers et sur la gestion de l'itinéraire. Au contraire, il est très souhaitable de traiter avec une seule technique des sections aussi longues que possible.

Les spécifications ci-après sont fixées en termes de profondeur de macrotecture exprimée en valeurs de hauteur au sable vraie (HSv).

Deux niveaux de spécifications sont définis :

- un niveau moyen à atteindre ou à dépasser sur chaque ligne de mesure de chaque lot de contrôle (HSvSpé),
- un niveau minimal (HSvMin) en dessous duquel on ne doit pas rencontrer, sur un lot de contrôle : deux valeurs élémentaires de HSv consécutives situées sur chacune des deux lignes de mesure, deux valeurs élémentaires de HSv situées sur le même profil en travers des deux lignes de mesure.

Tableau 1 : milieu urbain et périurbain

VITESSE autorisée (km/h)	TYPE de chaussée	CONFIGURATION de site	HSvSpé	HSvMin
V = 50		Traversée	= 0,40 mm (1)	0,30 mm
	Bidirectionnelles			
50		d'agglomération	= 0,60 mm	0,40 mm
V = 90	2 x 2 voies	Voie rapide urbaine	= 0,60 mm	0,40 mm
	2 x 3 voies et +	Pentes P = 5 % (2)	= 0,70 mm (3)	0,50 mm

(1) Pour un trafic = 15 000 véhicules / jour (TMJA) : HSvSpé = 0,6 mm et HSvMin = 0,4 mm.
 (2) Le cas P > 5 % doit être traité comme un point singulier et faire l'objet d'une démarche particulière.
 (3) Du fait de la largeur de la chaussée, les longueurs d'écoulement sont plus importantes et génèrent de fortes épaisseurs de lames d'eau, d'où la nécessité d'une plus forte macrotecture.

Tableau 2 : milieu interurbain

VITESSE AUTORISÉE (km/h)	TYPE de chaussée	TRACÉ EN PLAN Virages	PROFIL EN LONG Pentes	HSvSpé	HSvMin
			P = 5 %	= 0,60 mm	0,40 mm
V = 90	Bidirectionnelles	Tous les cas	P > 5 %	= 0,80 mm (1)(2)	0,60 mm (2)
			P = 5 %	= 0,80 mm (1)	0,60 mm
V 110	2 x 2 voies		P > 5 %	= 0,80 mm (1)	0,60 mm
V = 130	2 x 2 voies	R = 1 000 m (3)		= 0,60 mm	0,40 mm
		ou	P = 5 % (5)	= 0,70 mm	0,50 mm
	2 x 3 voies et +	R = 600 m (4)			

(1) Valeur résultant de la prise en compte combinée du tracé en plan et du profil en long ainsi que de la présence d'une lame d'eau plus importante sur ces zones.
 (2) HSvSpé = 0,60 mm et HSvMin = 0,40 mm pour des sections à rayons < 250 m soumises à des conditions hivernales difficiles, par exemple dans les régions à hivers rigoureux, et ce vis à vis de la viabilité hivernale.
 (3) Le cas R < 1 000 m s'applique pour des virages non déversés ; il doit être traité comme un point singulier et faire l'objet d'une démarche particulière.
 (4) Le cas < 600 m s'applique pour des virages déversés ; il doit être traité comme un point singulier et faire l'objet d'une démarche particulière.
 (5) Le cas P > 5 % doit être traité comme un point singulier et faire l'objet d'une démarche particulière.

5.2. Traitement des points singuliers

Je tiens à préciser que les points singuliers requièrent une démarche particulière. Il n'est guère possible de dresser une liste exhaustive des différents types de points singuliers susceptibles d'être rencontrés sur une section de caractéristiques homogènes. Votre attention doit cependant être attirée sur les configurations ci-après générant des sollicitations pneumatique-chaussée très fortes et pouvant de ce fait justifier une approche spécifique :

- zones de virages à rayon plus faible que le rayon moyen de l'itinéraire, virages à rayon irrégulier, premier virage rencontré après une section rectiligne ;
- zones de ralentissement en approche d'intersections, de feux tricolores, de giratoires, ou d'environnement aggloméré ;
- zones de transition telles que dépassement, rabattement, changement du nombre de voies de circulation ;
- zones d'inversion de dévers, en particulier sur les itinéraires rapides ;
- sections autoroutières ayant des virages non déversés de rayon inférieur à 1 000 m ;
- sections autoroutières ayant des virages déversés de rayon inférieur à 600 m ;
- sections autoroutières ou de voies rapides urbaines ayant une pente supérieure à 5 % ;

- etc...

Il n'est pas possible de préconiser ici des spécifications de macrotecture correspondant à ces configurations. Une réflexion particulière doit être menée au cas par cas et prendre en compte non seulement l'adhérence mais aussi les facteurs susceptibles de réduire voire de supprimer l'effet de surprise ressenti par les usagers : visibilité globale, signalisation, dispositif d'alerte... Je vous conseille de vous rapprocher du CETE pour vous aider à traiter les points singuliers.

*
* *

Les CETE, le SETRA et le LCPC, sont à votre disposition pour toutes informations complémentaires relatives à l'application de la présente circulaire, dont la diffusion sera accompagnée d'un recueil des clauses contractuelles types.

Pour le ministre et par
délégation :
Le directeur des routes,
P. Gandil