



Ministère
de l'Équipement,
des Transports
et du Logement

CONTROLE DE L'UNI LONGITUDINAL DES COUCHES DE ROULEMENT NEUVES

CIRCULAIRE N° 2000-36 DU 22 MAI 2000

Page laissée blanche intentionnellement

Circulaire n° 2000-36 du 22 Mai 2000
relative au contrôle de l'uni longitudinal
des couches de roulement neuves

NOR : EQUR0010080C

LE MINISTRE DE L'EQUIPEMENT,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

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 de contrôle des sociétés concessionnaires d'autoroutes.

L'uni longitudinal des chaussées représente un paramètre important du niveau de service des routes. Il contribue en effet au confort et à la sécurité des usagers ainsi qu'à la tenue des chaussées dans le temps.

La circulaire n° 84-50 du 23 juillet 1984 définissait des modalités de contrôle de l'uni longitudinal fondées sur des mesures effectuées par l'analyseur de profil en long (APL) et sur le respect de spécifications exprimées par l'indice CAPL 25. Son application a permis d'améliorer les méthodes de mise en œuvre des couches de chaussées et d'affiner le mode d'exploitation des résultats de mesure.

Cependant, des couches de roulement répondant à ces spécifications ont été jugées non satisfaisantes vis-à-vis du confort. Des défauts d'uni longitudinal appartenant au domaine des petites ondes étaient en effet perceptibles par les usagers mais n'étaient pas détectables par le CAPL 25, car cet indice était surtout sensible à des défauts d'uni longitudinal correspondant à la gamme des moyennes ondes.

Ceci conduit donc à faire évoluer les critères de réception des travaux de couches de roulement neuves en abandonnant l'indice CAPL 25 au profit de " notes par bandes d'ondes " fonction du type de travaux et de la vitesse réglementaire, cette évolution ayant fait l'objet préalablement d'une validation in situ.

La continuité avec les prescriptions figurant dans la circulaire de 1984 est parfaitement assurée pour le domaine des moyennes ondes. L'introduction de spécifications en matière de petites ondes est nécessaire dans tous les cas non seulement pour prendre en compte l'attente des usagers mais aussi afin d'accroître leur sécurité. Pour le domaine des grandes ondes, les spécifications introduites ne concernent que les travaux de construction mais leur respect nécessite d'obtenir, dès la couche de forme, un niveau satisfaisant d'uni longitudinal pour ce type d'ondes.

1 - Objet

La présente circulaire a pour but de fixer des spécifications et de définir des modalités de contrôle en matière d'uni longitudinal pour la réception des travaux de couches de roulement neuves. Elle annule et remplace la circulaire n°84-50 du 23 juillet 1984.

2 - Domaine d'application

La présente circulaire s'applique au réseau routier et autoroutier national. La décision de son application pour d'autres réseaux (routes départementales, routes communales, ...) relève de la responsabilité du maître d'ouvrage de la voirie concernée.

Elle concerne les couches de roulement neuves mises en œuvre dans le cadre de travaux de construction, de rehabilitation ou d'entretien de chaussées, pour des marchés dont la procédure d'appel d'offres sera lancée après le 1^{er} janvier 2001. Elle ne concerne donc pas les couches de roulement réalisées au titre de marchés antérieurs.

3 - Organisation générale du contrôle

Les mesures contractuelles de contrôle de l'uni longitudinal ne visent que la couche de roulement définitive de la chaussée. Pour le cas où la couche de roulement est différée, la présente circulaire ne s'applique pas ; toutefois ceci ne vous dispense pas de veiller attentivement à ce que toutes les règles de l'art permettant d'obtenir un bon uni longitudinal, soient respectées.

Le contrôle de l'uni longitudinal doit être effectué un mois après la mise en service de la section concernée, au plus tard.

L'organisation générale du contrôle prévoit de prononcer la réception d'un chantier par découpage de celui-ci en lots de contrôle d'une longueur de 1000 m définis à partir du point de départ de la section à ausculter. La position exacte de ce point est fixée par le maître d'oeuvre. Les lots de contrôle sont consécutifs, sauf dispositions contraires précisées dans le marché. L'extrémité du chantier est incluse dans le dernier lot, lequel a de ce fait une longueur supérieure à 1000 m.

Les spécifications fixées ci-après sont applicables à chacun des lots de contrôle de 1000 m ainsi constitués. Des spécifications adaptées peuvent cependant être appliquées pour les cas suivants :

- lot de contrôle de 4000 m, possible pour les chantiers de type autoroutier,
- lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier (longueur supérieure à 1000 m).
- chantier de longueur inférieure à 1000 m,
- cas particuliers tels que route à vitesse autorisée inférieure à 90 km/h (hors traverse ou milieu urbain), route à sinuosité marquée, point singulier impliquant l'arrêt de la mise en œuvre (joints d'ouvrage, élargissement de voie,...), chantier fractionné lors de la conception ou de l'exécution du projet à la demande du maître d'ouvrage, couche de roulement réalisée suivant une référence existante (élargissement par exemple).

Pour le cas d'une couche de roulement réalisée sur ouvrages d'art, il n'y a pas de spécifications, les extrémités des lots coïncidant avec les joints des ouvrages dans la mesure du possible. Toutefois, vous devez veiller au strict respect des règles de l'art permettant de vous assurer, a priori, de l'obtention d'un bon uni longitudinal.

Les travaux en traverse sont traités au chapitre 6.

4 - Modalités du contrôle

4.1. Application de la méthode d'essai

Le contrôle de l'uni longitudinal doit être effectué à l'aide de l'analyseur de profil en long (APL), appareil mlpe, conformément à la méthode d'essai LPC n° 46 " mesure de l'uni des chaussées et des pistes " - module 1 – " vérification de la conformité de la couche de roulement des chaussées ".

Chaque voie de circulation fait l'objet d'une mesure dans les bandes de roulement.

Pour les bandes de roulement gauche et droite de chaque voie de circulation d'un lot de contrôle, les résultats d'application de la méthode d'essai se présentent sous la forme d'une série de notes par bandes d'ondes (NBO) calculées sur des segments de 20 m pour les **petites ondes (PO)**, de 100 m pour les **moyennes ondes (MO)** et de 200 m pour les **grandes ondes (GO)**.

A l'issue de l'essai on a donc, pour chaque bande de roulement (gauche et droite) de chaque voie de circulation de chaque lot de contrôle de 1000 m, 50 notes petites ondes, 10 notes moyennes ondes et 5 notes grandes ondes.

Pour le cas d'arrêt local de la mise en œuvre imposé par une contrainte altimétrique (joint d'ouvrage d'art par exemple) ou un fractionnement de chantier lors de la conception ou de l'exécution du projet à la demande du maître d'ouvrage, le segment petites ondes concerné n'est pas pris en compte.

Lorsque la longueur du lot de contrôle n'est pas de 1000 m (lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier ou chantier de longueur inférieure à 1000 m), le nombre de notes petites, moyennes et grandes ondes, est égal au nombre de segments de 20 m, 100 m et 200 m, contenus dans le lot de contrôle. Dans ce cas, une partie du lot n'est pas contrôlée.

Le contrôle de l'uni longitudinal doit en outre être réalisé par des laboratoires dont les équipes et les matériels de mesure ont préalablement été accrédités par le LCPC.

4.2. Application des spécifications

Les spécifications définies ci-après sont applicables en fonction de la vitesse retenue pour le projet, pour chacune des voies du lot de contrôle et par sens de circulation, à la bande de roulement dont les notes petites ondes ont les valeurs les plus faibles. Si ces valeurs sont identiques pour les deux bandes de roulement, on applique les spécifications sur la bande de roulement de droite.

5 - Spécifications pour les travaux concernant des voies interurbaines ou des voies rapides urbaines

5.1 - Travaux de construction

La vérification de conformité n'est faite que sur la couche de roulement réalisée, mais l'obtention du niveau de qualité défini pour les grandes ondes amène à se préoccuper de l'uni longitudinal dès les couches les plus profondes (couches de forme ou de fondation). Vous vous reporterez en particulier aux recommandations figurant dans le guide technique pour l'application de la présente circulaire.

Par ailleurs, ce guide technique propose des objectifs souhaitables pour les couches sous-jacentes lorsque la couche de roulement fait l'objet d'un marché différent.

◆ Lot de contrôle de 1000 mètres

Tableau 1

Travaux de construction
Spécifications pour un lot de contrôle de 1000 m

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7
MO	100% des notes ≥ 7 90% des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 7 90% des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7
GO	100% des notes ≥ 8 80% des notes ≥ 9	100% des notes ≥ 7 80% des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 5 80% des notes ≥ 6

◆ Lot de contrôle de 4000 mètres :

Tableau 2

Travaux de construction
Spécifications pour un lot de contrôle de 4000 m

Bandes d'ondes	130 km/h
PO	100% des notes ≥ 6 95% des notes ≥ 7
MO	100% des notes ≥ 7 95% des notes ≥ 8
GO	100% des notes ≥ 8 95% des notes ≥ 9

- ◆ Lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier :

Tableau 3

Travaux de construction
Spécifications pour le lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
GO	100 % des notes ≥ 8 80 % des notes ≥ 9	100 % des notes ≥ 7 80 % des notes ≥ 8	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6

Lorsque 80 % et 90 % des notes calculées ne donnent pas des valeurs entières, on arrondit en valeur entière soit inférieure jusqu'au demi point inclus soit supérieure à partir du demi point non inclus.

- ◆ Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Tableau 4

Travaux de construction
Spécifications pour un chantier de longueur inférieure à 1000 m et supérieure à 200 m

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	100 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6

- ◆ Cas particuliers (cf. chapitre 3)

Tableau 5

Travaux de construction
Spécifications pour cas particuliers (cf. chapitre 3)

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	≤ 90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 6		

5.2 – Travaux de réhabilitation

5.2.1 – travaux de réhabilitation avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur supérieure à 5 cm.

- ◆ Lot de contrôle de 1000 mètres

Tableau 6

*Travaux de réhabilitation
1 couche d'épaisseur supérieure à 5 cm
Spécifications pour un lot de contrôle de 1000 m
si les notes PO du support sont ≥ 3 (1)*

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100% des notes ≥ 5		
MO	- moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux - aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux		

(1) Si cette condition n'est pas respectée, des travaux préparatoires sont nécessaires.

- ◆ Lot de contrôle de 4000 mètres

Tableau 7

*Travaux de réhabilitation
1 couche d'épaisseur supérieure à 5 cm
Spécifications pour un lot de contrôle de 4000 m
si les notes PO du support sont ≥ 4 (1)*

Bandes d'ondes	130 km/h
PO	100% des notes ≥ 6
MO	- moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux - aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux

(1) Si cette condition n'est pas respectée, des travaux préparatoires sont nécessaires.

◆ Lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Tableau 8

*Travaux de réhabilitation
1 couche d'épaisseur supérieure à 5 cm
Spécifications pour le lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier
si les notes PO du support sont ≥ 3 (1)*

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100% des notes ≥ 5		
MO	- moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux - aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux		

(1) Si cette condition n'est pas respectée, des travaux préparatoires sont nécessaires.

◆ Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Tableau 9

*Travaux de réhabilitation
1 couche d'épaisseur supérieure à 5 cm
Spécifications pour un chantier de longueur inférieure à 1000 m et supérieure à 200 m
si les notes PO du support sont ≥ 3 (1)*

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100% des notes ≥ 5		
MO	- moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux - aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux		

(1) Si cette condition n'est pas respectée, des travaux préparatoires sont nécessaires.

◆ Cas particuliers (cf chapitre 3)

Tableau 10

*Travaux de réhabilitation
1 couche d'épaisseur supérieure à 5 cm
Spécifications pour cas particuliers (cf. chapitre 3)
si les notes PO du support sont ≥ 3 (1)*

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	≤ 90 km/h
PO	100% des notes ≥ 5		

(1) Si cette condition n'est pas respectée, des travaux préparatoires sont nécessaires.

5.2.2 – travaux de réhabilitation avec mise en oeuvre de deux couches dont une pouvant être un reprofilage général de la voie¹

- ◆ Lot de contrôle de 1000 mètres

Tableau 11

*Travaux de réhabilitation
2 couches dont 1 pouvant être un reprofilage général de la voie
Spécifications pour un lot de contrôle de 1000 m*

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7
MO	100% des notes ≥ 7 90% des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 7 90% des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7

- ◆ Lot de contrôle de 4000 mètres

Tableau 12

*Travaux de réhabilitation
2 couches dont 1 pouvant être un reprofilage général de la voie
Spécifications pour un lot de contrôle de 4000 m*

Bandes d'ondes	130 km/h
PO	100% des notes ≥ 6 95% des notes ≥ 7
MO	100% des notes ≥ 7 95% des notes ≥ 8

¹ Hors enduit superficiel et enrobé coulé à froid en couche de roulement

- ◆ Lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Tableau 13

Travaux de réhabilitation
2 couches dont 1 pouvant être un reprofilage général de la voie
Spécifications pour le lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7

- ◆ Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Tableau 14

Travaux de réhabilitation
2 couches dont 1 pouvant être un reprofilage général de la voie
Spécifications pour un chantier de longueur inférieure à 1000 m et supérieure à 200 m

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	100 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 7	100 % des notes ≥ 6

- ◆ Cas particuliers (cf chapitre 3)

Tableau 15

Travaux de réhabilitation
2 couches dont 1 pouvant être un reprofilage général de la voie
Spécifications pour cas particuliers (cf. chapitre 3)

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	≤ 90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 5		

5.3 - Travaux d'entretien

En matière de travaux d'entretien qui se caractérisent généralement par l'application localisée d'une seule couche de matériaux bitumineux dont l'épaisseur peut être faible ou très faible, une application systématique de spécifications de contrôle d'uni longitudinal pourrait conduire parfois à un alourdissement des contrôles sans espoir de gain certain sur la qualité des travaux.

Pour ce type de travaux, il n'est donc pas apparu opportun de donner un caractère obligatoire au contrôle de l'uni longitudinal.

Toutefois votre attention est attirée sur l'intérêt et le bénéfice que vous pouvez retirer de tels contrôles en particulier pour les cas suivants :

- couche d'épaisseur suffisante et chantier important (en volume et/ou en trafic) permettant l'application du découpage en lots de contrôle de 1000 m.
- travaux motivés par une dégradation de la qualité de l'uni longitudinal.

Si vous choisissez de faire un contrôle de l'uni longitudinal, vous devez effectuer des mesures avant travaux pour vérifier que les spécifications définies ci-après peuvent être respectées. En effet, le niveau d'uni longitudinal obtenu après travaux dépend, entre autres, du niveau de l'uni longitudinal du support avant mise en œuvre de la couche de roulement et de l'épaisseur de cette couche.

Dans tous les cas, vous devez veiller au strict respect de toutes les règles de l'art permettant de vous assurer, a priori, de l'obtention d'un bon uni longitudinal.

5.3.1 - Travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur inférieure ou égale à 3 cm¹

Tableau 16

*Travaux d'entretien
1 couche d'épaisseur inférieure ou égale à 3 cm,
Spécifications pour tous cas
si les notes PO du support sont ≥ 3 (1)*

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 5		

(1) Si cette condition n'est pas respectée, des travaux préparatoires sont nécessaires.

¹ Hors enduit superficiel et enrobé coulé à froid en couche de roulement

5.3.2 - Travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur supérieure à 3 cm et inférieure ou égale à 5 cm

Tableau 17

*Travaux d'entretien
1 couche d'épaisseur supérieure à 3 cm et inférieure ou égale à 5 cm
Spécifications pour tous cas
si les notes PO du support sont ≥ 3 (1)*

Bandes d'ondes	130 km/h	110 km/h	90 km/h
PO	100 % des notes ≥ 5		
MO	- moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux - aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux		

(1) Si cette condition n'est pas respectée, des travaux préparatoires sont nécessaires.

6- TRAVAUX EN TRAVERSE

Le caractère spécifique des travaux exécutés en traverse qui comportent souvent un nombre important de contraintes (géométrie plus difficile, raccordements nombreux, présence de concessionnaires, etc.), ne permet pas d'imposer systématiquement les prescriptions de la présente circulaire à ce contexte.

Dans ce cas, vous jugerez en fonction du contexte particulier et notamment de l'importance du chantier, de sa facilité d'exécution, si vous pouvez ou non imposer des spécifications d'uni longitudinal. Il conviendra, néanmoins, de faire respecter les règles de l'art.



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 guide technique et d'un recueil de clauses contractuelles types.

Pour le Ministre
et par délégation,

Le Directeur des Routes

Patrick GANDIL



Ministère
de l'Équipement,
des Transports
et du Logement

CONTROLE DE L'UNI LONGITUDINAL DES COUCHES DE ROULEMENT NEUVES

**GUIDE TECHNIQUE
POUR L'APPLICATION DE LA CIRCULAIRE
N° 2000-36 DU 22 MAI 2000**

Page laissée blanche intentionnellement

CONTROLE DE L'UNI LONGITUDINAL DES COUCHES DE ROULEMENT NEUVES

GUIDE TECHNIQUE
POUR L'APPLICATION DE LA CIRCULAIRE
N° 2000-36 DU 22 MAI 2000



Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

46, avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France
Téléphone : 01 46 11 31 31 - Télécopie : 01 46 11 31 69
Internet : <http://www.setra.equipement.gouv.fr>



Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

58, boulevard Lefebvre - F-75732 PARIS Cedex 15 - France
Téléphone : 01 40 40 52 26 - Télécopie : 01 40 43 54 95
Internet : <http://www.lcpc.fr>

Document réalisé par le sous-groupe UNI LONGITUDINAL du Groupe national “ caractéristiques de surface des chaussées ” :

MM.	BAUDUIN	SCREG
	BONTE	LRPC Lille
	CASAN	SCETAUROUTE
	DELANNE	LCPC, co-animateur du sous-groupe
	DUPONT	SETRA
Mme	GALLENNE	LCPC
MM.	GONNET	BOUYGUES TP
	HERITIER	APPIA
	HERMANN	JEAN LEFEBVRE
	IRASTORZA-BARBET	USIRF
	JENDRYKA	LCPC
	LEFORT	LRPC Trappes
	MICHAUT	COLAS, co-animateur du sous-groupe
	MORLOT	COLAS Centre-Ouest
	PARIAT	LRPC Autun
	RIOU	DDE Seine et Marne puis LRPC Melun
	VANGREVENYNGHE	LRPC Aix-en-PROVENCE

I/ - INTRODUCTION

La circulaire n° 2000-36 du 22 mai 2000 fixe des spécifications en matière d'uni longitudinal pour la réception des couches de roulement neuves.

Ce guide a pour objectif de faciliter l'obtention de ces spécifications. Il préconise des règles applicables aux différents travaux de construction, de réhabilitation ou d'entretien des chaussées. Pour l'ensemble des travaux, il recommande des niveaux d'uni à atteindre pour chaque couche mise en œuvre.

Les solutions proposées sont indicatives et par conséquent non réglementaires car chaque chantier présente des particularités qu'il est difficile de prendre totalement en considération dans un tel document.

L'uni n'étant pas la seule spécification à respecter, celles concernant par exemple le collage, l'épaisseur ou la compacité, ne doivent pas être négligées à son avantage exclusif.

Les dispositions constructives proposées pour la réalisation des travaux sont compatibles avec les différents textes en vigueur, en l'occurrence les "normes produits" notamment pour ce qui concerne les épaisseurs minimales ainsi que les méthodes d'exécution liées aux normes NF P 98-115, 98-150, 98-170.

III/ - LES REGLES DE L'ART POUR LA MISE EN OEUVRE

II.1/ - PRINCIPES GENERAUX

Le niveau d'uni de la couche de roulement d'une chaussée dépend de différents facteurs dont l'importance peut varier selon que le matériau est compacté (cas des enrobés, des graves traitées ou non) ou moulé (béton pervibré). Il dépend toujours du matériau, de l'atelier de mise en œuvre et des conditions de réalisation.

Avec les matériaux compactés, l'uni de la couche de roulement dépend de l'uni initial du support. Pour les matériaux moulés, le niveau d'uni obtenu est indépendant de celui du support, à l'exception du chemin de roulement des chenilles.

Travaux de construction

Le niveau d'uni s'améliore au fur et à mesure de la construction de la chaussée et il est d'autant meilleur que le nombre de couches est important. Cette remarque ne veut pas dire qu'il faut multiplier le nombre de couches mais plutôt choisir des moyens de mise en œuvre adaptés aux objectifs à atteindre.

En général, il n'est pas possible d'atteindre le niveau d'uni spécifié pour les trois bandes d'ondes par la réalisation d'une seule couche, avec les méthodes et les matériels de construction actuels.

Par expérience, pour utiliser au mieux les techniques de mise en œuvre usuelles, il est recommandé d'obtenir les caractéristiques d'uni :

- . en grandes ondes (GO) lors de la réalisation des couches de forme et d'assises,
- . en moyennes ondes (MO) lors de celle des couches de base et de liaison,
- . en petites ondes lors de celle des couches de liaison et de roulement.

Travaux d'entretien et de réhabilitation

Pour les travaux d'entretien ou de réhabilitation, l'amélioration de l'uni dépend des techniques d'exécution et du fait qu'ils sont réalisés avec une ou deux couches.

II.2/ - PRISE EN COMPTE DE LA NATURE ET DE L'ÉPAISSEUR DE LA COUCHE

L'atelier de mise en oeuvre sera choisi en fonction de la nature et éventuellement de l'épaisseur du matériau.

Les enduits superficiels d'usure (ESU) et les enrobés coulés à froid (ECF) ne participent pas à l'amélioration d'uni. Les enrobés à froid, les graves émulsions, les couches thermo - traitées ... (recyclées, régénérées ou reprofilées) et le retraitement en place ne sont pas traités, dans le présent guide, par manque d'éléments quantifiés.

Il n'a pas été tenu compte du comportement des matériaux à la mise en oeuvre bien que ceci ait une incidence sur les gains d'uni obtenus. Par exemple les matériaux très maniables sont plus sensibles que les autres aux variations de réglage des matériels, et dans le cas de mise en oeuvre au finisseur non guidé, les gains d'uni en P.O. et M.O. peuvent être inférieurs à ceux prévus.

Pour les matériaux compactés, le mode de guidage du répandeur est choisi en fonction des tolérances d'épaisseur admissibles. Pour des épaisseurs faibles (inférieure à 5 cm) il est conseillé d'utiliser les répandeurs sans guidage pour que l'épaisseur minimale soit assurée.

Dans ce guide, le matériau et éventuellement son épaisseur sont pris en compte en association avec le rang de la couche défini par la position de la couche par rapport à la surface (le rang 1 correspond à la couche de roulement).

II.3/ - L'INCIDENCE DES CONDITIONS DE RÉALISATION DES TRAVAUX

Lorsque les conditions de chantier sont défavorables, le gain d'uni potentiel escompté, selon l'atelier de mise en oeuvre, n'est pas acquis. Les utilisateurs de ce guide sont alertés sur les risques les plus importants. Les conditions de réalisation de travaux prises en compte sont listées ci - après.

Il s'agit :

- des circonstances de la réalisation des travaux : sous circulation ou pas, de jour ou de nuit,
- du nombre de points singuliers que sont les raccordements à une altimétrie existante,
- des conditions météorologiques définies comme une combinaison de la température ambiante et du vent (elles interviennent principalement pour les matériaux chauds),
- de la taille ou du fractionnement du chantier.

L'influence de ces contraintes est classée par ordre décroissant d'importance :

Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
Travaux sous circulation ou de nuit	Nombre important de points singuliers	Météo avec $T < 10^\circ$ et vent	Longueur de chantier < 3000 m
déterminante	déterminante	aggravante	aggravante

Le chantier sera considéré comme réalisé dans des conditions difficiles s'il se déroule avec au moins une contrainte déterminante ou deux aggravantes.

II.4/ - CARACTERISTIQUES DES MATERIELS D'EXECUTION

La définition des matériels d'exécution est fournie en annexe. Ce chapitre explicite les fonctions assurées par les matériels.

Composition de l'atelier

Un atelier est l'ensemble des matériels qui participent à la réalisation de la couche pour exécuter les quatre opérations : d'alimentation, de répandage, de réglage, et de compactage ou de serrage des matériaux. Le tableau suivant décrit l'aptitude des différents matériels à assurer ou non ces fonctions.

Fonctions → Type de matériels ↓	Alimentation	Répandage	Réglage	Compactage ou serrage
Camions	oui	sans objet	sans objet	sans objet
Alimentation continue	oui	sans objet	sans objet	sans objet
Alimentation par cordon	oui	sans objet	sans objet	sans objet
Machine à coffrage glissant	non	oui	oui	oui
Autograde	non	oui	oui	non
Niveleuse	non	oui	oui	non
Finisseur	non	oui	oui	partiellement
Compacteurs	non	non	non	oui

II.5/ - MODE DE GUIDAGE

Ce chapitre précise quels types de guidage employer en fonction de la machine utilisée et de l'amélioration d'uni attendue. Les propositions citées traduisent la tendance observée sur de nombreux chantiers, elles se basent sur des résultats statistiques d'une base de données recueillies entre 1995 et 1998.

Cas les plus fréquents de guidage en fonction du matériel de réglage

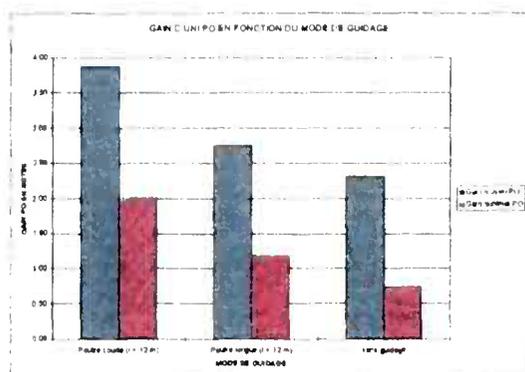
Le tableau ci-après exprime les cas usuels de guidage des différents matériels de réglage :

Mode de fonctionnement → Matériels ↓	Guidé par référence spatiale	Guidé par référence à un ouvrage construit	Sans guidage
Autograde	oui	non	non
Machine à coffrage glissant	oui	non	non
Finisseur	oui	oui	oui
Niveleuse	oui	non	oui

Le guidage par référence spatiale est un asservissement des vérins de nivellement des machines à une référence indépendante du support (laser, fils tendus, etc...). Dans le cas du guidage par référence à un ouvrage construit, la référence prend appui sur l'ouvrage : le sol support (ou la couche sous-jacente) ou la bordure de trottoir, ce sont généralement des poutres de différentes longueurs.

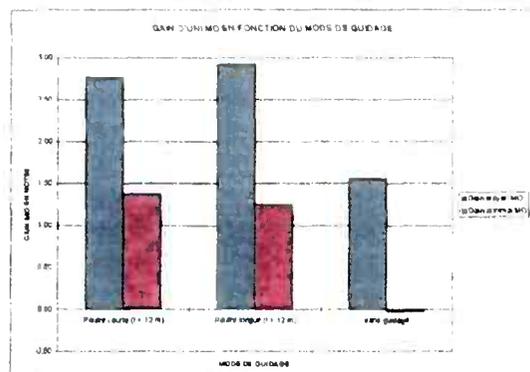
Amélioration d'uni par bande d'ondes et selon le type de guidage

L'amélioration d'uni possible par bande d'ondes dépend du type de répandeur, du mode de guidage et du niveau d'uni du support (ou de la couche sous-jacente). Le gain d'uni possible est d'autant plus important que le niveau d'uni initial est faible, comme l'illustrent les figures ci-après. Seule la mise en œuvre au finisseur a pu être évaluée avec un nombre significatif de résultats de mesure.



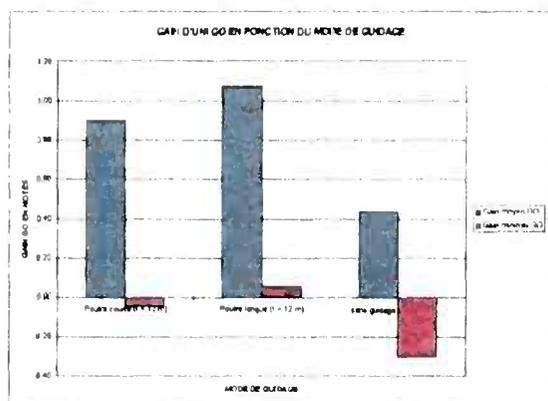
Gain d'uni en PO

Le gain d'uni moyen est compris entre 1 point et 4 points (en notes PO), en fonction du type de guidage. Le gain minimal est obtenu pour environ 80 % de la population évaluée, il varie entre 1 et 2 points.



Gain d'uni en MO

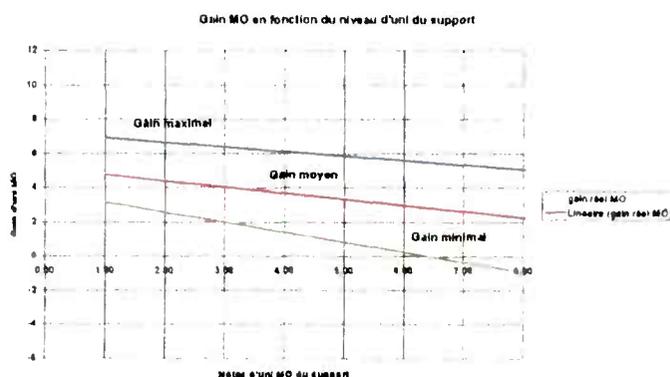
Selon le mode de guidage, le gain d'uni moyen est compris entre 1,5 points et 3 points (en notes MO). Lorsque les poutres sont utilisées, le gain minimal est de l'ordre de 1,3 points en note MO.



Gain d'uni en GO

Selon le mode de guidage, le gain d'uni moyen GO est compris entre 0,4 point et 1 point (en notes GO). Aucun de ces modes de guidage n'est véritablement adapté pour l'amélioration d'uni dans cette bande d'ondes.

Ces gains d'uni sont à moduler en fonction du niveau d'uni du support. Le gain d'uni est d'autant plus élevé que le niveau d'uni du support sera faible. La figure suivante montre cet effet pour les moyennes longueurs d'onde. D'une façon globale, le gain d'uni est plus important d'1 point par rapport à celui annoncé sur les figures précédentes, lorsque le niveau d'uni du support est faible (note inférieure ou égale à 3).



Le tableau suivant récapitule l'amélioration moyenne d'uni en fonction du type de guidage :

Type de guidage → Gain d'uni dans la bande d'ondes ↓	Référence spatiale	Référence à un ouvrage construit (Poutre de longueur l)	Sans guidage
Petites ondes P.O.	laser : efficace fils : pas systématique	efficace $\forall l$ mais pas systématiquement	finisseur : efficace
Moyennes ondes M.O.	laser : efficace fils : faible	$l < 12$ m : faiblement efficace $l \geq 12$ m : efficace	finisseur : faible
Grandes ondes G.O.	laser : très efficace fils : efficace	$l < 12$ m : efficacité nulle $l \geq 12$ m : faiblement efficace mais sans garantie	nul

Règles d'utilisation des matériels et du guidage

Règle générale

L'amélioration et le niveau d'uni présentés sous-entendent une machine en bon état de fonctionnement, des réglages adaptés au cas de chantier, une alimentation régulière en matériau. La modification des réglages ne doit intervenir qu'en cas de nécessité, elle doit être peu fréquente et progressive. Pour les matériaux compactés, des progrès sensibles du niveau d'uni sont possibles, lorsque le réglage en nivellement (par l'outil du matériel de répandage) est réalisé sur une couche suffisamment compactée.

Cas de fonctionnement guidé

Les améliorations citées dans le tableau ci-dessus sont effectives si :

- le système d'asservissement est bien entretenu et bien réglé,
- lorsque la largeur de répandage excède 5 m, le contrôleur de dévers (ou moniteur de nivellement transversal) n'est pas utilisé,
- lorsque la référence choisie est un fil, on s'assure que la flèche du fil est compatible avec le résultat d'uni recherché (adéquation entre la qualité et la tension du fil et la distance entre potences) et que le mode de palpage n'amplifie pas le phénomène. A titre indicatif, une flèche de 4 mm tous les 10 m conduit à une note de 6 en M.O.

Intérêt du guidage

Outre les améliorations d'uni attendues, le guidage présente l'intérêt de minimiser l'effet, sur l'uni, des variations de réglages et de conduite de la machine.

Raccordement à un ouvrage existant

Pour se raccorder à un ouvrage existant de type caniveau, décaissement, voie adjacente, le guidage par référence mobile sur l'ouvrage est le plus adéquat, la longueur de la poutre doit toutefois être supérieure ou égale à 1 m. Le gain d'uni par rapport à l'ouvrage pris en référence est très faible.

II.6/ - ORGANISATION DES MESURES D'UNI ET PROCEDURE DE MISE EN ŒUVRE

Ce chapitre propose une organisation des mesures qui permet d'utiliser convenablement le guide. Un processus de vérification de l'uni au démarrage de la réalisation de la couche est suggéré, il est conseillé lorsque l'enjeu du chantier le nécessite.

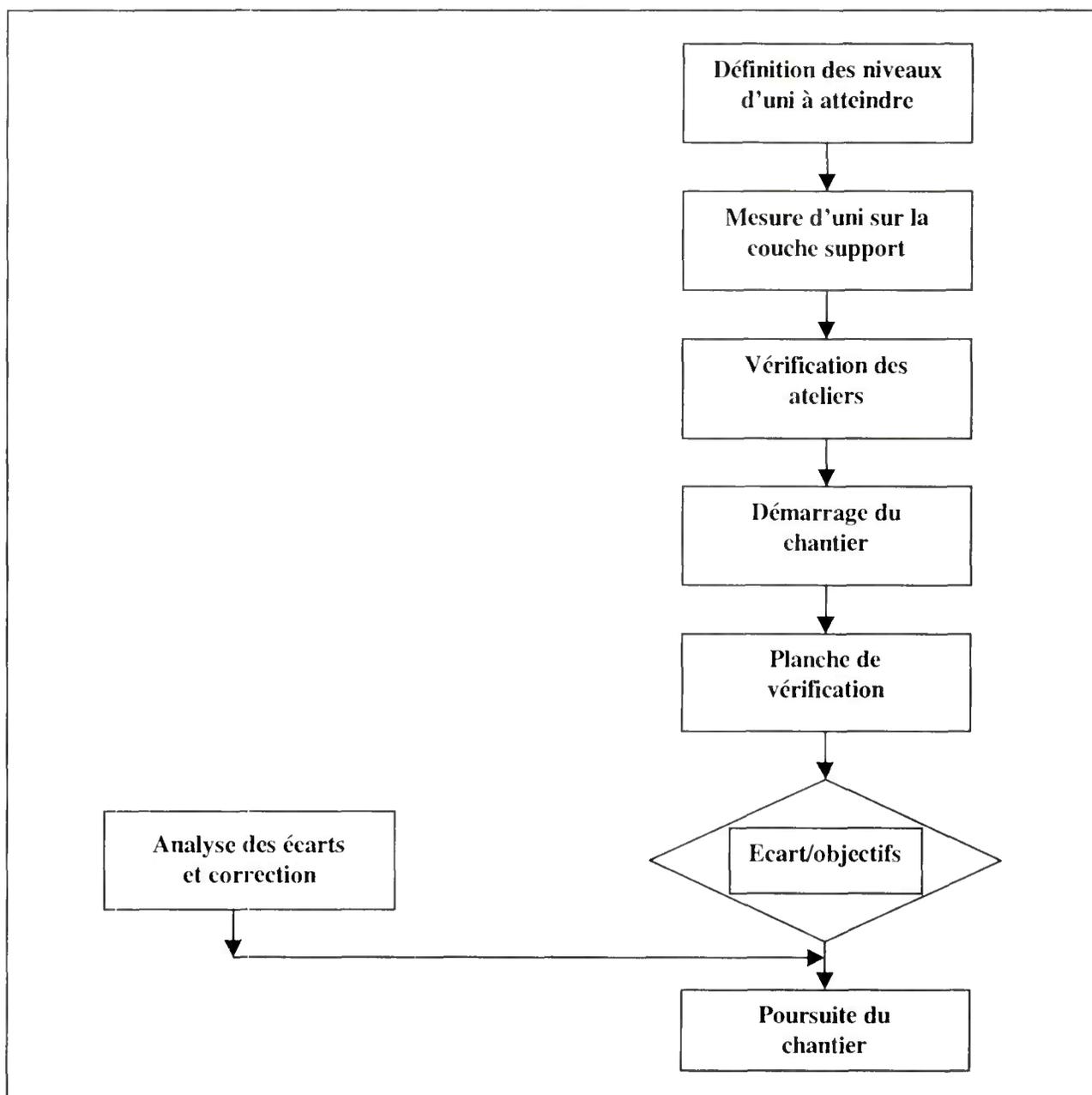
Diagramme fonctionnel des mesures

Lors de la réalisation d'une couche n, le diagramme fonctionnel peut être le suivant :

Phases de construction	Localisation des mesures d'uni
Préparation du chantier	Couche support
Validation de l'atelier	Planche de vérification
Réception de la couche	Ensemble des lots

L'ensemble du processus n'est possible qu'avec une taille de chantier suffisante, par exemple celle pour laquelle il est déjà réalisé une épreuve de convenance. Pour la réalisation d'une couche donnée, le logigramme suivant explicite l'organisation des mesures, les choix et les réglages des matériels.

Logigramme de la mise en œuvre d'une couche



III/ - REGLES PRECONISEES POUR L'OBTENTION DE L'UNI SPECIFIE

Ce chapitre ne concerne pas les chaussées en béton de ciment.

III.1/ - TRAVAUX DE CONSTRUCTION

La circulaire spécifique, pour les couches de roulement, des notes minimales à respecter dans les trois longueurs d'ondes. Afin de minimiser les risques d'échecs, nous proposons, à titre indicatif, des notes minimales à atteindre sur chaque couche intermédiaire.

Nota : La réalisation d'enduit superficiel ou d'enrobé coulé à froid n'est pas considérée comme une couche au sens de l'amélioration de l'uni.

Les notes minimales proposées sur les couches intermédiaires (depuis la couche de forme jusqu'à la couche de roulement) sont calculées à l'aide des gains minimaux d'uni obtenus lors de la réalisation des différentes couches. Ceux - ci sont issus de nombreuses campagnes de mesures et validés par l'expérience. Les notes intermédiaires ont été vérifiées pour les structures les plus courantes. Sur la couche immédiatement inférieure à la couche de roulement, des notes inférieures de 1 point à celles proposées peuvent être rattrapables, s'il s'agit des bandes d'ondes PO ou MO.

Le niveau d'uni obtenu sur la couche de roulement est pratiquement indépendant de celui de la couche de forme, à l'exception de celui en grandes ondes (GO), il dépend principalement des moyens de mise en œuvre. Il peut être impossible d'obtenir le niveau d'uni requis en grandes ondes lorsque la couche de forme présente des variations altimétriques importantes entre profils. Pour tenir compte de ce risque, une note minimale en GO est proposée sur la couche de forme.

III.1.1/ - Cas des chaussées en quatre couches

Il s'agit des chaussées comprenant des couches de fondation, base, liaison et roulement. Les tableaux suivants définissent le niveau minimal d'uni préconisé pour chaque couche suivant le type de réseau. Deux cas seront différenciés suivant l'épaisseur de la couche de roulement : ① mince (< 5 cm) ou ② épaisse (≥ 5 cm). La mise en œuvre, dans le premier cas, est généralement réalisée sans guidage et n'améliore pas notablement les MO, contrairement au second cas pour lequel un guidage par poutres courtes est possible.

RESEAU à 90 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE* D'UNI POUR LA COUCHE DE				SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	LIAISON	
PO	sans objet	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 3	≥ 4	≥ 6	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
GO	$\geq 3^*$	≥ 4	≥ 5	≥ 5	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6

* note minimale équivaut à ce que 100 % des notes soient supérieures à la valeur proposée. (La note minimale de 3 en GO, sur la couche de forme, équivaut à une variation altimétrique de ± 17 mm pour une longueur d'onde de 11 à 45 m).

RESEAU à 90 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE				SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	LIAISON	
PO	sans objet	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
GO	≥ 3	≥ 4	≥ 5	≥ 5	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6

RESEAU à 110 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE				SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	LIAISON	
PO	sans objet	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 4	≥ 5	≥ 7	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8
GO	≥ 5	≥ 6	≥ 7	≥ 7	100 % des notes ≥ 7 80 % des notes ≥ 8

RESEAU à 110 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE				SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	LIAISON	
PO	sans objet	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	sans objet	≥ 4	≥ 6	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8
GO	$\geq 5^*$	≥ 6	≥ 7	≥ 7	100 % des notes ≥ 7 80 % des notes ≥ 8

* : 5 en GO équivaut à une variation altimétrique de ± 11 mm pour une longueur de 11 à 45m.

RESEAU à 130 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE				SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT	
	FORME	FONDATION	BASE	LIAISON	Lots de 1000 m	Lots de 4000 m
PO	sans objet	sans objet	≥ 3	≥ 5	100% notes ≥ 6 90% notes ≥ 7	100% notes ≥ 6 95% notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 4	≥ 5	≥ 7	100% notes ≥ 7 90% notes ≥ 8	100% notes ≥ 7 95% notes ≥ 8
GO	≥ 6	≥ 7	≥ 8	≥ 8	100% notes ≥ 8 80% notes ≥ 9	100% notes ≥ 8 95% notes ≥ 9

RESEAU à 130 km/h: couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE				SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT	
	FORME	FONDATION	BASE	LIAISON	Lots de 1000 m	Lots de 4000 m
PO	sans objet	sans objet	≥ 3	≥ 5	100% notes ≥ 6 90% notes ≥ 7	100% notes ≥ 6 95% notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 3	≥ 4	≥ 6	100% notes ≥ 7 90% notes ≥ 8	100% notes ≥ 7 95% notes ≥ 8
GO	$\geq 6^*$	≥ 7	≥ 8	≥ 8	100% notes ≥ 8 80% notes ≥ 9	100% notes ≥ 8 95% notes ≥ 9

* 6 en GO, sur la couche de forme, équivaut à une variation altimétrique de ± 9 mm pour une longueur de 11 à 45m.

III.1.2/ - Cas des chaussées en trois couches

Il s'agit des chaussées comprenant des couches de fondation, base et roulement. Les tableaux suivants définissent le niveau minimal d'uni préconisé pour chaque couche suivant le type de réseau. Le nombre de couches étant restreint, une attention particulière devra être portée pour la réalisation de la couche de fondation.

Nota : Si la couche de roulement est un enduit ou un enrobé coulé à froid, il faut se reporter au cas de chaussées en deux couches au chapitre III.1.3/.

RESEAU à 90 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE			SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	
PO	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 4	≥ 6	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
GO	≥ 3	≥ 5	≥ 5	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6

RESEAU à 90 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE			SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	
PO	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
GO	≥ 3	≥ 5	≥ 5	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6

RESEAU à 110 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE			SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	
PO	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 5	≥ 7	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8
GO	≥ 5	≥ 7	≥ 7	100 % des notes ≥ 7 80 % des notes ≥ 8

RESEAU à 110 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE			SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	
PO	sans objet	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 4	≥ 6	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8
GO	≥ 5	≥ 7	≥ 7	100 % des notes ≥ 7 80 % des notes ≥ 8

RESEAU à 130 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE			SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT	
	FORME	FONDATION	BASE	Lots de 1000 m	Lots de 4000 m
PO	sans objet	≥ 3	≥ 5	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 95 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 5	≥ 7	100% des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 7 95 % des notes ≥ 8
GO	≥ 6	≥ 8	≥ 8	100 % des notes ≥ 8 80 % des notes ≥ 9	100% des notes ≥ 8 95 % des notes ≥ 9

RESEAU à 130 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE			SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT	
	FORME	FONDATION	BASE	Lots de 1000 m	Lots de 4000 m
PO	sans objet	≥ 3	≥ 5	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 95 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 4	≥ 6	100% des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 7 95 % des notes ≥ 8
GO	≥ 6	≥ 8	≥ 8	100 % des notes ≥ 8 80 % des notes ≥ 9	100% des notes ≥ 8 95 % des notes ≥ 9

III.1.3/ - Cas des chaussées en deux couches

Il s'agit des chaussées comprenant une couche de fondation, et une couche de base recouverte d'un enduit superficiel ou d'un enrobé coulé à froid. Le tableau suivant définit le niveau minimal d'uni préconisé pour chaque couche, sachant que le niveau d'uni préconisé pour la couche de base est celui spécifié sur la couche de roulement. La mise en œuvre de la couche de fondation est tout à fait déterminante dans le résultat d'uni final.

RESEAU à 90 km/h :

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR LA COUCHE DE			SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	FORME	FONDATION	BASE	
PO	sans objet	≥ 4	≥ 6	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	sans objet	≥ 4	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
GO	≥ 3	≥ 5	≥ 5	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6

III.2/ - TRAVAUX DE REHABILITATION

Pour les travaux de réhabilitation, le niveau d'uni prévisible n'est pas indépendant de celui de l'ancienne chaussée. En deux couches, il sera possible de corriger les moyennes ondes puis les petites. Des mesures d'uni sur l'ancienne chaussée sont nécessaires pour établir un bon projet pour ce type de travaux.

III.2.1/ - Réhabilitation en une couche épaisse ($e > 5$ cm)

Les tableaux 6, 7, 8, 9 et 10 de la circulaire définissent les spécifications PO et MO pour la couche de roulement. Le niveau d'uni en PO de l'ancienne chaussée doit être suffisant pour atteindre les spécifications demandées.

Remarque : Si l'ancienne chaussée n'a pas les caractéristiques nécessaires ou si des objectifs d'uni plus élevés sont souhaités pour la couche de roulement, il est nécessaire de prévoir un reprofilage localisé ou général (cf. le chapitre III.2.2/).

III.2.2/ - Réhabilitation en deux couches

Ces travaux consistent à réaliser soit une couche de roulement après reprofilage ou deux couches en matériaux bitumineux. Les tableaux suivants définissent le niveau minimal d'uni préconisé pour l'ancienne chaussée et la première couche de réhabilitation suivant le type de réseau. Deux cas seront différenciés suivant l'épaisseur de la couche de roulement : ① mince (< 5 cm) ou ② épaisse (≥ 5 cm) (cf. chapitre III.1.1/).

Remarque : Les travaux de réhabilitation en deux couches ne peuvent pas améliorer l'uni en grandes ondes. Si l'ancienne chaussée n'a pas le niveau minimal préconisé, un reprofilage préalable est nécessaire ou des exigences d'uni restreintes, en ondes moyennes, doivent être spécifiées.

RESEAU à 90 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR		SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	ancienne chaussée	1 ^{ère} couche de réhabilitation	
PO	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	≥ 4	≥ 6	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7

RESEAU à 90 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR		SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	ancienne chaussée	1 ^{ère} couche de réhabilitation	
PO	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7

RESEAU à 110 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR		SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	ancienne chaussée	1 ^{ère} couche de réhabilitation	
PO	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	≥ 5	≥ 7	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8

RESEAU à 110 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR		SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT
	ancienne chaussée	1 ^{ère} couche de réhabilitation	
PO	≥ 3	≥ 5	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7
MO	≥ 4	≥ 6	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8

RESEAU à 130 km/h : couche de roulement mince (< 5 cm)

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR		SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT	
	ancienne chaussée	1 ^{ère} couche de réhabilitation	Lots de 1000 m	Lots de 4000 m
PO	≥ 3	≥ 5	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 95 % des notes ≥ 7
MO	≥ 5	≥ 7	100% des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 7 95 % des notes ≥ 8

RESEAU à 130 km/h : couche de roulement épaisse (≥ 5 cm).

LONGUEUR D'ONDES	NOTE MINIMALE D'UNI POUR		SPECIFICATIONS POUR LA COUCHE DE ROULEMENT	
	ancienne chaussée	1 ^{ère} couche de réhabilitation	Lots de 1000 m	Lots de 4000 m
PO	≥ 3	≥ 5	100% des notes ≥ 6 90% des notes ≥ 7	100% des notes ≥ 6 95 % des notes ≥ 7
MO	≥ 4	≥ 6	100% des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	100% des notes ≥ 7 95 % des notes ≥ 8

III.3/ - TRAVAUX D'ENTRETIEN

III.3.1/ - Entretien en une couche d'épaisseur inférieure ou égale à 3 cm ($e \leq 3$ cm)

Le niveau d'uni de la couche de roulement est dépendant de celui de la couche support lors de la mise en œuvre d'une couche mince. La circulaire spécifie que dans ce cas, pour tous réseaux, toutes les notes petites ondes doivent être supérieures ou égales à 5; aucune spécification n'est prévue en MO et GO.

Remarque : Pour atteindre cet objectif, l'ancienne chaussée doit avoir une note minimale en PO au moins égale à 3. Si ce n'est pas le cas, un reprofilage préalable est nécessaire (cf. cas de réhabilitation en deux couches chapitre III.2.2). Dans tous les cas, il faut s'assurer que les épaisseurs minimales sont conformes aux règles normatives du produit mise en œuvre.

III.3.1/ - Entretien en une couche d'épaisseur comprise entre 3 et 5 cm ($3 < e \leq 5$ cm)

Le niveau d'uni de la couche de roulement est dépendant de celui de la couche support lors de la mise en œuvre d'une couche d'épaisseur comprise entre 3 et 5 cm. Le tableau 17 de la circulaire définit les spécifications PO et MO pour la couche de roulement ainsi que les notes minimales PO de l'ancienne chaussée permettant normalement d'atteindre ces spécifications pour tous les réseaux.

Remarque : Si l'ancienne chaussée n'a pas les caractéristiques nécessaires ou si des objectifs d'uni plus élevés sont souhaités pour la couche de roulement, il est nécessaire de prévoir un reprofilage localisé ou général. Dans ce cas, le tableau du chapitre III.2.2/ de réhabilitation en deux couches, propose des notes d'uni sur la couche intermédiaire. Dans tous les cas la note d'uni grandes ondes ne peut être améliorée.

IV/ - DEFINITION DES ATELIERS TYPES EN FONCTION DES CAS DE CHANTIERS

Ce chapitre propose des ateliers de mise en œuvre en fonction des cas de chantiers les plus fréquents.

La composition de l'atelier est définie ainsi que le mode de guidage.

IV.1/ - DEMARCHE

La démarche de ce guide est d'adapter le type d'atelier au matériau mis en œuvre, à son épaisseur et au rang de la couche dans le corps de chaussée. Le rang de la couche est défini par sa position par rapport à la couche de surface. Le rang 1 correspond à la couche de roulement. S'il n'y a pas compatibilité entre les gains d'uni potentiels et ceux attendus, il faut réaliser des travaux supplémentaires (type reprofilage ou couche supplémentaire) ou restreindre l'exigence d'uni correspondante. Les gains d'uni proposés ayant des valeurs plutôt minimales, il est possible, dans une faible mesure, de rattraper le déficit d'uni obtenu pour une couche, au cours de la réalisation de la couche suivante (de l'ordre de 1 point en note en PO et MO). La vérification de l'uni au démarrage de la réalisation de la couche permet de valider le choix de l'atelier, il est d'autant plus conseillé que l'enjeu du chantier est important.

IV.2/ - ATELIERS TYPES

IV.2.1/ - Cas usuels de mise en œuvre des matériaux

Le tableau suivant fournit les ateliers généralement utilisés pour la mise en œuvre des matériaux les plus courants.

Type de matériau	Composition de l'atelier 1	Composition de l'atelier 2	Commentaires
Enrobés	Camions Niveleuse / Finisseur Compacteurs	Alimentateur ou cordon* Finisseur Compacteurs	La niveleuse est interdite en couche de roulement
GNT GTLH	Camions Niveleuse Compacteurs	Camions Autograde / Niveleuse/ Finisseur Compacteurs	L'alimentation par cordon est déconseillée pour les faibles épaisseurs
Béton de ciment	Camions Machine à coffrage glissant	Alimentateur Machine à coffrage glissant	

Notations :

Cordon : ce terme sous-entend l'ensemble de l'atelier, profileur de cordon et élévateur de cordon

GNT : graves non traitées

GTLH : graves traitées aux liants hydrauliques.

Le choix entre l'atelier 1 et l'atelier 2 dépendra de l'enjeu et des contraintes de chantier.

IV.2.2/ - Choix de l'atelier de mise en oeuvre

Un atelier se compose d'un matériel d'alimentation, d'un répandeur et de son moyen de guidage, et de compacteurs (selon le type de matériau mis en oeuvre).

Les tableaux des chapitres suivants (IV.2.3/, IV.2.4/, IV.2.5/, IV.2.6/, IV.2.7/) proposent suivant la nature, l'épaisseur et le rang de la couche, deux ateliers :

- un atelier usuel,
- et un atelier optimisé,

pour atteindre les objectifs visés à savoir, satisfaire les spécifications PO, MO et GO de la circulaire uni longitudinal sur la couche de roulement, selon le schéma suivant d'obtention progressive des niveaux d'uni :

- PO et MO avec les couches de rangs 1 et 2 ;
- MO et GO avec les couches de rangs 3 et 4,
- et GO avec les couches de rangs 4 et 5.

Le choix entre l'atelier usuel et l'atelier optimisé dépend du niveau d'uni atteint sur la couche support (ou la couche précédente) et de l'enjeu du chantier, de sa taille et des difficultés d'exécution. Trois possibilités, concernant le niveau d'uni de la couche support ou de la couche précédente, sont à prendre en compte :

- ① le niveau d'uni est celui préconisé dans le chapitre III, l'atelier usuel permet, si ses conditions d'utilisation respectent les règles de l'art, d'obtenir les gains d'uni annoncés.
- ② le niveau d'uni est plus faible (d'au plus 1 point en PO et MO, et , 0,5 en GO pour les couches de rang 3 et 4), l'atelier optimisé rend possible la récupération du déficit d'uni.
- ③ le niveau d'uni est plus élevé, l'atelier peut être choisi pour faire face à d'autres spécifications que celle de l'uni et, dans ce cas, il peut être différent de ceux proposés.

IV.2.3/ - Cas type de couche de rang 1

N° cas	Nature	Epaisseur	Atelier usuel	Atelier optimisé
1 - 1	BB	$E_p \leq 3$	Camions Finiisseur sans guidage Compacteurs	Alimentateur Finiisseur sans guidage Compacteurs
2 - 1	BB	$3 < E_p \leq 5$	Camions Finiisseur sans guidage Compacteurs	Alimentateur Finiisseur guidé sur poutres ($9 \text{ m} \leq l \leq 12 \text{ m}$) Compacteurs
3 - 1	BB ou GB	$5 < E_p \leq 15$	Camions Finiisseur guidé sur poutres ($9 \text{ m} \leq l \leq 12 \text{ m}$) Compacteurs	Alimentateur Finiisseur guidé sur poutres ($l > 12 \text{ m}$) Compacteurs
4 - 1	Béton de ciment	$6 < E_p \leq 24$	Camions Machine à coffrage glissant guidée sur fils	Alimentateur Machine à coffrage glissant guidée sur fils

Nota :

- le cas 1-1 correspond généralement à une couche d'entretien ou une couche de roulement de travaux neufs, tandis - que le cas 3-1 concerne plutôt des travaux de réhabilitation.

- dans le cas 3-1, la grave bitume est recouverte d'un enduit superficiel ou d'un enrobé coulé à froid.

Notations :

Ep : épaisseur, l : longueur de la poutre, BB : bétons bitumineux, GB : grave bitume.

IV.2.4/ - Cas type de couche de rang 2

N° cas	Nature	Epaisseur	Atelier usuel	Atelier optimisé
2 - 1	matériaux bitumineux	$Ep \leq 3$	Camions Finisseur sans guidage Compacteurs	Alimentateur Finisseur sans guidage Compacteurs
2 - 2	BB ou GB	$3 < Ep \leq 8$	Camions Finisseur guidé sur poutres ($9 \text{ m} \leq l \leq 12 \text{ m}$) Compacteurs	Alimentateur Finisseur guidé sur poutres ($l > 12 \text{ m}$) Compacteurs
2 - 3	GB	$8 \leq Ep \leq 15$	Camions Finisseur guidé sur poutres ($l > 12 \text{ m}$) Compacteurs	Alimentateur Finisseur guidé sur fils ou laser Compacteurs
2 - 4	Assise non bitumineuse	$Ep \geq 15$	Camions Niveleuse non guidée ou guidée sur fils Compacteurs	Profileur de cordon Niveleuse guidée au laser ou autograde guidé sur fils ou laser Compacteurs
2 - 5	Béton poreux	$8 < Ep \leq 12$	Camions Finisseur guidé sur poutres ($l > 12 \text{ m}$) Compacteurs	Alimentateur Finisseur guidé sur poutres ($l > 12 \text{ m}$) Compacteurs
2 - 6	Béton maigre Béton de ciment	$10 < Ep \leq 20$	Camions Machine à coffrage glissant guidée sur fils	Alimentateur Machine à coffrage glissant guidée sur fils
2 - 7	Couche de forme		Atelier de traitement ou non Niveleuse non guidée ou guidée sur fils compacteurs	Atelier de traitement ou non Niveleuse guidée laser et / ou autograde guidé sur fils compacteurs

Nota :

les cas 2-3 et 2-7 correspondent à une chaussée neuve en 3 couches dont la couche de roulement est un enduit ou un enrobé coulé à froid.

Notations :

Assise non bitumineuse : graves traitées aux liants hydrauliques, graves non traitées et béton compacté routier.

IV.2.5/ - Cas type de couche de rang 3

N° cas	Nature	Epaisseur	Atelier usuel	Atelier optimisé
3 - 1	matériau antifissure	$E_p \leq 3$	Camions Finisseur sans guidage Compacteurs	Alimentateur Finisseur sans guidage Compacteurs
3 - 2	Assise bitumineuse	$8 \leq E_p \leq 15$	Camions Finisseur guidé sur poutres ($l > 12$ m) ou sur fils Compacteurs	Alimentateur Finisseur guidé sur fils ou au laser Compacteurs
3 - 3	Assise non bitumineuse	$E_p \geq 15$	Camions Niveleuse non ou guidée sur fils Compacteurs	Profileur de cordon Niveleuse guidée au laser et/ ou autograde guidé sur fils ou laser Compacteurs
3 - 4	Béton maigre	$E_p \leq 20$	Camions Machine à coffrage glissant guidée sur fils	Alimentateur Machine à coffrage glissant guidée sur fils
3 - 5	Couche de forme		Atelier de traitement ou non Niveleuse non guidée ou guidée sur fils compacteurs	Atelier de traitement ou non Niveleuse guidée laser et/ou autograde guidé sur fils compacteurs

IV.2.6/ - Cas type de couche de rang 4

N° cas	Nature	Epaisseur	Atelier usuel	Atelier optimisé
4 - 1	Assise bitumineuse	$8 \leq E_p \leq 15$	Camions Finisseur guidé sur fils Compacteurs	Alimentateur Finisseur guidé au laser Compacteurs
4 - 2	Assise non bitumineuse	$E_p \geq 15$	Camions Niveleuse guidée sur fils Compacteurs	Profileur de cordon Niveleuse guidée au laser et/ ou autograde guidé sur fils ou laser Compacteurs
4 - 3	Couche de forme		Atelier de traitement ou non Niveleuse non guidée ou guidée sur fils compacteurs	Atelier de traitement ou non Niveleuse guidée laser et / ou autograde guidé sur fils compacteurs

IV.2.7/ - Cas type de couche de rang 5

N° cas	Nature	Epaisseur	Atelier usuel	Atelier optimisé
5 - 1	Couche de forme		Atelier de traitement ou non Niveleuse non guidée ou guidée sur fils compacteurs	Atelier de traitement ou non Niveleuse guidée laser et/ou autograde guidé sur fils compacteurs

Ce document est propriété de l'Administration, il ne pourra être utilisé ou reproduit,
même partiellement, sans l'autorisation du SETRA
© 2000 SETRA - Dépôt légal 4^{ème} trimestre 2000 - ISBN 2-11-091791-1

Page laissée blanche intentionnellement



Direction des Routes

Ce document fait parti d'un ensemble constitué de 4 fascicules
qui ne peuvent être vendus séparément.



Ministère
de l'Équipement,
des Transports
et du Logement

CONTROLE DE L'UNI LONGITUDINAL DES COUCHES DE ROULEMENT NEUVES

**CLAUSES CONTRACTUELLES
POUR L'APPLICATION DE LA CIRCULAIRE
N° 2000-36 DU 22 MAI 2000**

Page laissée blanche intentionnellement

CONTROLE DE L'UNI LONGITUDINAL DES COUCHES DE ROULEMENT NEUVES

CLAUSES CONTRACTUELLES POUR L'APPLICATION DE LA CIRCULAIRE N° 2000-36 DU 22 MAI 2000



Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

46, avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France
Téléphone : 01 46 11 31 31 - Télécopie : 01 46 11 31 69
Internet : <http://www.setra.equipement.gouv.fr>



Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

58, boulevard Lefebvre - F-75732 PARIS Cedex 15 - France
Téléphone : 01 40 40 52 26 - Télécopie : 01 40 43 54 95
Internet : <http://www.lcpc.fr>

Page laissée blanche intentionnellement

**CONTROLE DE L'UNI LONGITUDINAL
DES COUCHES DE ROULEMENT NEUVES**

**Clauses contractuelles
pour le cahier des clauses administratives particulières (CCAP)**

Commentaires

(*) La numérotation de cet article correspond à celle du fascicule 27 du Cahier des Clauses Techniques Générales (Fabrication et mise en œuvre des enrobés hydrocarbonés n° 96-4 T.O. Editions des Journaux Officiels).

(**) Préciser dans le tableau le taux de pénalité prévu.

A titre indicatif le taux de pénalité est donné dans le tableau ci-dessous.

Type de travaux \ Longueur d'ondes	PO	MO	GO
Travaux de construction	15 à 20 %	5 à 15 %	5 à 10
Travaux de réhabilitation	15 à 20 %	5 à 10 %	5 à 10
Travaux d'entretien	15 à 20 %	5 à 10 %	5 à 10

Le maître d'œuvre peut être d'autant plus pénalisant que le chantier concerne une grande longueur, un réseau à grande vitesse, des travaux sans contrainte particulière. Par contre, des petits chantiers, des travaux de nuit sous circulation intense, par phasage, incitent à être moins pénalisant.

L'entrepreneur pourra proposer des travaux de reprise de manière à éviter d'être pénalisé et une nouvelle réception s'imposera.

Au niveau des grandes longueurs d'ondes, la couche de roulement ne peut pas corriger un éventuel défaut.

Pour les travaux de construction (et éventuellement pour certains travaux de réhabilitation), c'est au niveau du contrôle de réception de la couche inférieure (liaison) que le CCTP doit fixer des seuils d'application de pénalités ou de réfection. Pour cette couche de liaison, le maître d'œuvre pourra considérer les prescriptions qui sont fixées en couche de roulement concernant les grandes et moyennes longueurs d'ondes, sans prescription au niveau des petites si la couche ne sert pas de couche de roulement temporaire.

(***) Préciser dans le tableau le type de travaux (de construction, de réhabilitation ou d'entretien) et ne conserver que les lignes pour lesquelles des spécifications sont précisées au CCTP.

Texte

- (*) Annexe 2 “ Cahier des clauses administratives particulières type ”. Complément à l'article 9 “ Contrôles et réception des travaux ”.

TRAITEMENT DES IMPERFECTIONS TECHNIQUES

Pénalités pour non respect des tolérances d'uni longitudinal (**)

Première rédaction : réseau dont la vitesse projet est 130 km/h.

Elles s'appliquent à chaque lot contrôlé tel que défini dans le CCTP (chapitre.....) c'est-à-dire pour la surface de la voie contrôlée et sur le prix de mise en oeuvre. Elles sont calculées de la manière suivante :

Type de travaux	Type de réseau	Défaut pénalisant	Pénalités
(***)	130	PO % du prix de mise en oeuvre
		MO % du prix de mise en oeuvre
		GO % du prix de mise en oeuvre

Les pénalités sont cumulables.

Deuxième rédaction : réseau dont la vitesse projet est 110 km/h.

Elles s'appliquent à chaque lot contrôlé tel que défini dans le CCTP (chapitre.....) c'est à dire pour la surface de la voie contrôlée et sur le prix de mise en oeuvre. Elles sont calculées de la manière suivante :

Type de travaux	Type de réseau	Défaut pénalisant	Pénalités
(***)	110	PO % du prix de mise en oeuvre
		MO % du prix de mise en oeuvre
		GO % du prix de mise en oeuvre

Les pénalités sont cumulables.

Troisième rédaction : réseau dont la vitesse projet est 90 km/h.

Elles s'appliquent à chaque lot contrôlé tel que défini dans le CCTP (chapitre.....) c'est à dire pour la surface de la voie contrôlée et sur le prix de mise en oeuvre. Elles sont calculées de la manière suivante :

Type de travaux	Type de réseau	Défaut pénalisant	Pénalités
(***)	90	PO % du prix de mise en oeuvre
		MO % du prix de mise en oeuvre
		GO % du prix de mise en oeuvre

Les pénalités sont cumulables.

Quatrième rédaction : cas particuliers ou autres cas

Elles s'appliquent à chaque lot contrôlé tel que défini dans le CCTP (chapitre.....) c'est à dire pour la surface de la voie contrôlée et sur le prix de mise en oeuvre.

Elles correspondent à une pénalité de % du prix de mise en oeuvre.

Réfection pour non respect des tolérances d'uni longitudinal

Quand les seuils de refus sont atteints l'entrepreneur doit faire une proposition de remise en conformité des lots concernés, adaptée aux défauts relevés.

Il est ensuite tenu de procéder à la réfection dans le délai qui lui est imparti par le maître d'oeuvre.

Page laissée blanche intentionnellement

**CONTROLE DE L'UNI LONGITUDINAL
DES COUCHES DE ROULEMENT NEUVES**

**Clauses contractuelles
pour le cahier des clauses techniques particulières (CCTP)**

Commentaires

(*) La numérotation de ces chapitres correspond à celle du fascicule 27 du Cahier des Clauses Techniques Générales (Fabrication et mise en œuvre des enrobés hydrocarbonés n° 96-4 T.O Editions des Journaux officiels).

(**) Pour le réseau à 130 km/h, il est possible d'exploiter les résultats par lot de 1000 ou 4000 mètres.

Le lot d'extrémité peut être compris entre 1000 et 2000 mètres (lot de 1000 m) ou entre 4000 et 8000 m (lot de 4000 m).

(***) Pour les spécifications, trois rédactions sont proposées :

- première rédaction : pour le réseau à 130 km/h
- deuxième rédaction : pour le réseau à 110 km/h
- troisième rédaction : pour le réseau à 90 km/h

Texte

- (*) Annexe 3 “Cahier des clauses techniques particulières type”. Article 4.2.3 “Contrôle des caractéristiques de surface”.

4.2.3.a.1	Contrôle de l’uni longitudinal
------------------	---------------------------------------

ORGANISATION GENERALE DU CONTROLE

Le contrôle de l’uni est réalisé à l’aide de l’APL. Il est effectué conformément à la norme NF P 98 218-3 et à la méthode d’essai LPC n° 46 “mesure de l’uni des chaussées et des pistes” - module 1 - “vérification de la conformité de la couche de roulement des chaussées”.

MODALITES DE CONTROLE

Les mesures sont exécutées dans les bandes de roulement de chaque voie de circulation.

- (**) Pour chaque lot, les spécifications ci-après sont appliquées, pour chaque voie et par sens de circulation à la bande de roulement dont les notes petites ondes ont les valeurs les plus faibles. Si ces valeurs sont identiques pour les deux bandes de roulement, on applique les spécifications sur la bande de roulement droite.

Le point de départ des mesures du premier lot est fixé au PR

- (***)
- | | |
|------------------|---|
| 4.2.3.a.2 | Spécifications concernant l’uni longitudinal |
|------------------|---|

**(*) Choix des articles en fonction du type de travaux :
RESEAU DONT LA VITESSE PROJET EST 130 km/h**

Type de travaux	Chantier de longueur supérieure à 1000 m		Chantier de longueur inférieure à 1000 m	Cas particuliers
	Lot de 1000 m	Lot de 4000 m		
Travaux de construction	A 131	A 132	A 134	A 135
et	A 133	et A 133		
Travaux de réhabilitation avec mise en œuvre d'une couche	B 131	B 132	B 134	B 135
et	B 133	et B 133		
Travaux de réhabilitation avec mise en œuvre de deux couches	C 131	C 132	C 134	C 135
et	C 133	et C 133		
Travaux d'entretien $e \leq 3$	D 131			
$3 < e \leq 5$	D 132			

PREMIERE REDACTION : VITESSE PROJET A 130 km/h (*)

A - TRAVAUX DE CONSTRUCTION

A.131 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétriqué obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application de pénalités fixées dans le CCAP
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	
GO	100 % des notes ≥ 8 80 % des notes ≥ 9	Si non respect des spécifications	

A.132 : lot de contrôle de 4000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétriqué obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 95 % des notes ≥ 7	pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 95 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	
GO	100 % des notes ≥ 8 95 % des notes ≥ 9	Si non respect des spécifications	

Page laissée blanche intentionnellement

A 133 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	
GO	100 % des notes ≥ 8 80 % des notes ≥ 9	Si non respect des spécifications	

A 134 : Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	

A 135 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

Page laissée blanche intentionnellement

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5

B - TRAVAUX DE REHABILITATION AVEC MISE EN ŒUVRE D' UNE COUCHE D'ÉPAISSEUR SUPÉRIEURE A 5 cm

B.131 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

B.132 : Lot de contrôle de 4000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

Page laissée blanche intentionnellement

B.133 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

B.134 : Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

B.135 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

Page laissée blanche intentionnellement

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

C - TRAVAUX DE REHABILITATION AVEC MISE EN ŒUVRE DE DEUX COUCHES DONT UNE POUVANT ÊTRE UN REPROFILAGE GÉNÉRAL DE LA VOIE

C.131 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	

C.132 : lot de contrôle de 4000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 95 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 95 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	

C.133 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

Page laissée blanche intentionnellement

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	

C 134 : chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	

C 135 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

Page laissée blanche intentionnellement

D - TRAVAUX D'ENTRETIEN

D 131 : travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur inférieure ou égale à 3 cm

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

D 132 : travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur supérieure à 3 cm et inférieure ou égale à 5 cm

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

**(*) Choix des articles en fonction du type de travaux :
RESEAU DONT LA VITESSE PROJET EST 110 km/h**

Type de travaux	Chantier de longueur supérieure à 1000 m	Chantier de longueur inférieure à 1000 m	Cas particuliers
Travaux de construction	A 111 et A 112	A 113	A 114
Travaux de réhabilitation avec mise en œuvre d'une couche	B 111 et B 112	B 113	B 114
Travaux de réhabilitation avec mise en œuvre de deux couches	C 111 et C 112	C 113	C 114
Travaux d'entretien $e \leq 3$	D 111		
$3 < e \leq 5$	D 112		

DEUXIEME REDACTION : VITESSE PROJET A 110 km/h (*)

A - TRAVAUX DE CONSTRUCTION

A.111 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétriqué obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application de pénalités fixées dans le CCAP
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	
GO	100 % des notes ≥ 7 80 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	

A.112 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétriqué obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	
GO	100 % des notes ≥ 7 80 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	

Page laissée blanche intentionnellement

A 113 : Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	

A 114 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5

B - TRAVAUX DE REHABILITATION AVEC MISE EN ŒUVRE D'UNE COUCHE D'ÉPAISSEUR SUPÉRIEURE À 5 cm

B 111 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

Page laissée blanche intentionnellement

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

B 112 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

B 113 : Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

Page laissée blanche intentionnellement

B 114 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

C - TRAVAUX DE REHABILITATION AVEC MISE EN ŒUVRE DE DEUX COUCHES DONT UNE POUVANT ETRE UN REPROFILAGE GENERAL DE LA VOIE

C 111 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	

C 112 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

Page laissée blanche intentionnellement

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7 90 % des notes ≥ 8	Si non respect des spécifications	

C 113 : chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	

C 114 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

Page laissée blanche intentionnellement

D - TRAVAUX D'ENTRETIEN

D 111 : travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur inférieure ou égale à 3 cm

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

D 112 : travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur supérieure à 3 cm et inférieure ou égale à 5 cm

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

**(*) Choix des articles en fonction du type de travaux :
RESEAU DONT LA VITESSE PROJET EST 90 km/h**

Type de travaux	Chantier de longueur supérieure à 1000 m	Chantier de longueur inférieure à 1000 m	Cas particuliers
Travaux de construction	A 91 et A 92	A 93	A 94
Travaux de réhabilitation avec mise en œuvre d'une couche	B 91 et B 92	B 93	B 94
Travaux de réhabilitation avec mise en œuvre de deux couches	C 91 et C 92	C 93	C 94
Travaux d'entretien	$e \leq 3$	D 91	
	$3 < e \leq 5$	D 92	

TROISIEME REDACTION : VITESSE PROJET A 90 km/h (*)

A - TRAVAUX DE CONSTRUCTION

A 91 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application de pénalités fixées dans le CCAP
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	
GO	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6	Si non respect des spécifications	

A 92 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	
GO	100 % des notes ≥ 5 80 % des notes ≥ 6	Si non respect des spécifications	

Page laissée blanche intentionnellement

A 93 : Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 6	Si non respect des spécifications	

A 94 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5

B - TRAVAUX DE REHABILITATION AVEC MISE EN ŒUVRE D'UNE COUCHE D'ÉPAISSEUR SUPÉRIEURE À 5 cm

B 91 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

Page laissée blanche intentionnellement

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

B 92 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

B 93 : Chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

Page laissée blanche intentionnellement

B 94 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

C - TRAVAUX DE REHABILITATION AVEC MISE EN ŒUVRE DE DEUX COUCHES DONT UNE POUVANT ETRE UN REPROFILAGE GENERAL DE LA VOIE

C 91 : lot de contrôle de 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	

C 92 : lot de contrôle incluant l'extrémité du chantier

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

Page laissée blanche intentionnellement

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Si non respect des spécifications	

C 93 : chantier de longueur inférieure à 1000 mètres

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 6 90 % des notes ≥ 7	Pas plus de 10 % des notes < 6 et 0 % des notes < 5	Si plus de 10 % des notes < 6 ou au moins 1 note < 5
MO	100 % des notes ≥ 6	Si non respect des spécifications	

C 94 : Cas particuliers

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en œuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

Page laissée blanche intentionnellement

D - TRAVAUX D'ENTRETIEN

D 91 : travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur inférieure ou égale à 3 cm

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4

D 92 : travaux d'entretien avec mise en oeuvre d'une couche d'épaisseur supérieure à 3 cm et inférieure ou égale à 5 cm

Les seuils de spécification sont fixés dans le tableau ci-dessous, pour des lots dont la mise en oeuvre est réalisée en continu et sans "obstacle" du type raccordement à un point altimétrique obligé. Le non respect de ces seuils de spécification donne lieu :

- soit à l'application des pénalités fixées dans le CCAP,
- soit à la réfection de l'ouvrage

suivant les seuils définis dans le tableau.

BANDES D'ONDES	SEUIL		
	de spécification	d'application de pénalités	de réfection
PO	100 % des notes ≥ 5	Pas plus de 10 % des notes < 5 et 0 % des notes < 4	Si plus de 10 % des notes < 5 ou au moins 1 note < 4
MO	Moyenne des notes après travaux au moins égale à celle avant travaux. Aucune note inférieure à la note la plus basse avant travaux	Si non respect des spécifications	

Ce document est propriété de l'Administration, il ne pourra être utilisé ou reproduit,
même partiellement, sans l'autorisation du SETRA
© 2000 SETRA - Dépôt légal 4^{ème} trimestre 2000 - ISBN 2-11-091791-1

Page laissée blanche intentionnellement



Direction des Routes

Ce document fait parti d'un ensemble constitué de 4 fascicules
qui ne peuvent être vendus séparément.



Laboratoire
Central
des Ponts
et Chaussées

**techniques et méthodes
des laboratoires des ponts et chaussées**

Méthode d'essai N°46



**Mesure de l'uni longitudinal
des chaussées routières
et aéronautiques**

Page laissée blanche intentionnellement

Mesure de l'uni longitudinal des chaussées routières et aéronautiques

*Exécution et exploitation
des relevés profilométriques*

Méthode d'essai n° 46

Octobre 2000



Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
58, bd Lefebvre, F 75732 Paris Cedex 15

Ce document a été rédigé par un groupe de travail du réseau des laboratoires des Ponts et Chaussées composé de W. JENDRYKA (Laboratoire central des Ponts et Chaussées), J.-C. PARIAT (Laboratoire régional des Ponts et Chaussées d'Autun), B. ROBERT (Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc), sous la supervision de Messieurs M. BOULET (Laboratoire central des Ponts et Chaussées) et J.-F. CORTÉ (Laboratoire central des Ponts et Chaussées).

Document disponible au :

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

IST - Diffusion

58, boulevard Lefebvre

F - 75732 Paris Cedex 15

Téléphone : 01 40 43 52 26

Télécopie : 01 40 43 54 95

Internet [http : //www.lcpc.fr](http://www.lcpc.fr)

Prix : 120 F HT

Ce document est propriété de l'Administration et ne peut être reproduit, même partiellement, sans l'autorisation du Directeur Général du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (ou de ses représentant autorisés).

© 2000 - LCPC

ISBN - 2 - 7208 - 4010

SOMMAIRE

Présentation

par M. Jean-François CORTÉ, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, LCPC 5

1. Mesure de l'uni longitudinal des chaussées routières et aéronautiques (Module général) 7

- Avant-propos 7
- Objet de la méthode 8
- Types d'application 8
- Principe général de la mesure profilométrique de l'uni des chaussées 8
- Appareils de mesure 10
- Sécurité 10
- Glossaire 11
- Références 11

2. Vérification de la conformité de la couche de roulement des chaussées (Module M1) 13

- Objet de la méthode 13
- Domaine d'application 13
- Appareil de mesure 13
- Fidélité de la Méthode d'essai 13
- Description de l'essai 13
- Analyse des résultats 15
- Présentation des résultats 16

3. Annexe AM1-1 21

Dispositions spécifiques à l'utilisation de l'APL 23

- Prescriptions 23
- Profilomètre mlpc APL 24
- Fonction de transfert de l'APL 25
- Incidents de fonctionnement 25
- Procédure de contrôle 26
- Références 27

Présentation

La qualité d'uni longitudinal de la couche de surface d'une chaussée routière ou aéronautique est un déterminant essentiel de son niveau de service ; elle influence directement la sécurité et le confort des usagers qui l'empruntent, l'usure et les coûts de fonctionnement des véhicules qui la parcourent, l'accélération de l'endommagement de la chaussée elle-même.

La question de l'évaluation de l'uni se pose donc tant lors de la construction et de la mise en service de la chaussée qu'au long de son exploitation.

Au fil des années, la mesure dynamique du profil longitudinal de la chaussée s'est imposée partout dans le monde pour l'évaluation de la qualité d'uni. La France a été l'un des premiers pays à recourir (depuis le début des années 1970) de façon systématique et opérationnelle à ce type de méthode de mesure avec l'analyseur de profil en long (APL), appareil mlpc conçu et développé par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

La méthode de réalisation des relevés et d'interprétation des résultats fut formalisée dans la méthode d'essai LPC n° 5 de mars 1985 « mesure de l'uni des couches de chaussées avec l'analyseur de profil en long type APL 25 ». Cette méthode d'essai avait été élaborée pour l'application de la circulaire n° 84-50 du 23 juillet 1984 de la Direction des routes relative au contrôle de l'uni longitudinal des travaux sur chaussées.

Depuis cette période, de nombreux changements sont intervenus :

- le matériel de mesure et surtout ses conditions d'exploitation ont profondément évolué. La méthode d'essai n° 5 ne traitait que de la quantification de l'uni au moyen d'un index global, le coefficient CAPL 25 délivré par un appareil spécifique, la version APL 25 de l'APL. Si le principe de fonctionnement de l'APL est resté le même, la configuration du système d'acquisition et de traitement des données et son mode opératoire sont aujourd'hui significativement différents ;

- avec l'expérience de la pratique de la mesure et de l'évaluation de l'uni pour des applications variées (vérification de la conformité des travaux, expertise de défauts particuliers, surveillance périodique de l'état des infrastructures), les limites de pertinence du coefficient CAPL 25 ont été identifiées et le besoin de méthodes complémentaires d'analyse plus fines du signal APL est apparu : analyse par bandes d'onde (énergies et notes par bandes d'onde), analyse en densité spectrale de puissance. L'accroissement spectaculaire des performances de calcul et de stockage a permis de plus de mettre ces méthodes d'analyse, autrefois réservées aux travaux de recherche, au service d'une exploitation opérationnelle à grand rendement.

Les recherches menées sur les relations entre l'uni et le sécurité et le confort ayant montré qu'il était nécessaire de pouvoir décrire l'uni en différenciant les défauts par gammes de longueur d'onde et de moduler en conséquence les exigences, ceci a conduit à réviser profondément la formulation des spécifications sur l'uni longitudinal pour les travaux

de chaussée. Ainsi, à compter du 1^{er} janvier 2001, la circulaire n° 2000-36 du 22 mai 2000 de la Direction des routes se substituera à la circulaire n° 84-50 de 1984. Cette nouvelle circulaire se fonde sur l'interprétation de notes par bandes d'onde (NBO), - une note pour les défauts d'uni de petites ondes calculée par tronçon de 20 m, une note par tronçon de 100 m pour les ondes moyennes, une note par tronçon de 200 m pour les grandes ondes - en remplacement du coefficient CAPL 25.

La méthode d'essai LPC n° 46 « Mesure de l'uni longitudinal des chaussées routières et aéronautiques » est destinée à remplacer la méthode n° 5 tout en couvrant, par le biais de cinq modules

différents, une gamme d'applications beaucoup plus large que la seule vérification de la conformité des travaux.

Cependant, pour permettre une diffusion simultanée de cette méthode d'essai avec celle de la circulaire 2000-36 de la Direction des routes dont elle permettra l'application, la présente version ne comprend que le premier module d'application consacré à la vérification de la conformité de la couche de roulement des chaussées. Les quatre autres modules annoncés dans la première partie du document sont en cours d'élaboration ; ils pourraient être publiés dans le courant du premier semestre 2002.

**Jean-François CORTÉ, Directeur technique,
Chargé du domaine Route**

Page laissée blanche intentionnellement

Mesure de l'uni longitudinal des chaussées routières et aéronautiques (Module général)

1. Avant-propos

1.1. La notion d'uni longitudinal

Contrairement au profil en long théorique des projets routiers, qui suit une ligne courbe sans défaut, la surface des chaussées présente des irrégularités géométriques, principalement dues à des défauts de construction ou à des dégradations qui apparaissent au cours de la vie de la chaussée. L'ensemble de ces irrégularités plus ou moins prononcées et répétées, constitue l'uni longitudinal des chaussées.

Les défauts d'uni longitudinal perturbent le comportement dynamique des véhicules, en provoquant divers mouvements affectant, selon les fréquences d'excitation, la sécurité et le confort de leurs passagers, voire l'usure et la consommation en carburant des véhicules. Ils sont aussi la cause des phénomènes de surcharge dynamique qui accélèrent la fatigue des chaussées.

Conventionnellement défini comme un signal aléatoire, dans un domaine de longueurs d'ondes comprises entre 0,50 m et 50 m pour les routes (100 m pour les pistes aéronautiques), l'uni longitudinal des chaussées se mesure à l'aide d'appareils aux principes de fonctionnement divers, se classant généralement dans l'une ou l'autre de deux familles : les appareils de «type Réponse» et les appareils de «type Profilomètre». Dans la présente méthode d'essai, seules sont considérées les mesures au moyen d'appareils de «type Profilomètre» (statiques ou dynamiques) .

D'une façon générale, que ce soit en cours ou en fin de sa construction ou dans le cadre des auscultations pour la gestion de son entretien, la qualité de l'uni longitudinal d'une chaussée s'apprécie pour une gamme fixée de longueurs d'ondes de ses irrégularités et selon la vitesse maximale de circulation qui y est autorisée.

1.2. Structure du document

Le présent document est composé d'une partie générale et de cinq modules ou modes opératoires, correspondant à cinq types d'application de la mesure de l'uni longitudinal. La partie générale comprend les éléments communs à tous les types d'application. Les cinq modules ont une structure identique et incluent :

- l'objet du module,
- le domaine d'application,
- le niveau de performances requis pour le matériel de mesurage,
- la description de l'essai,
- les conditions de réalisation de l'essai,
- l'analyse des résultats et leur présentation.

Chacun des modules Mm peut contenir x annexes repérées AMm-x. Pour la différencier de celle de la partie générale, la numérotation des tableaux et figures de chaque module sera de la forme Mm-y et AMm-x-z (y numéro d'ordre de l'illustration dans le module M et z numéro d'ordre de l'illustration dans l'annexe).

2. Objet de la méthode

La méthode d'essai n° 46 de mesure de l'uni longitudinal des chaussées, définit les conditions de réalisation et d'analyse des relevés profilométriques effectués sur les couches des chaussées routières ou aéronautiques, que ce soit lors de leur construction ou dans le cadre d'une campagne d'auscultation pour la gestion de leur entretien.

La méthode fournit aux acteurs de la construction et de la gestion des routes, les connaissances utiles au bon usage de la mesure de l'uni longitudinal des chaussées.

3. Types d'application

La méthode d'essai n° 46 distingue cinq types d'application de la mesure de l'uni longitudinal des chaussées (tableau I).

Modules	Types d'application
module 1	Vérification de la conformité de la couche de roulement des chaussées
module 2	Évaluation périodique des réseaux routiers
module 3	Évaluation des besoins en reprofilage des chaussées en service
module 4	Évaluation de l'uni longitudinal des pistes aéronautiques
module 5	Expertise, diagnostic, aide à la définition des solutions de travaux

4. Principe général de la mesure profilométrique de l'uni des chaussées

4.1. Relevé du profil

Les amplitudes des dénivellations verticales du profil en long de la couche de chaussée à ausculter sont relevées par l'appareil de «type Profilomètre» et sont enregistrées sous forme numérique dans un fichier informatique. Le relevé est réalisé selon un pas d'échantillonnage spatial constant Δx .

Cet enregistrement permet de reconstituer une image du profil en long de la chaussée (ou pseudo-profil). La fidélité de cette image dépend des caractéristiques instrumentales (fonction de transfert) de l'appareil.

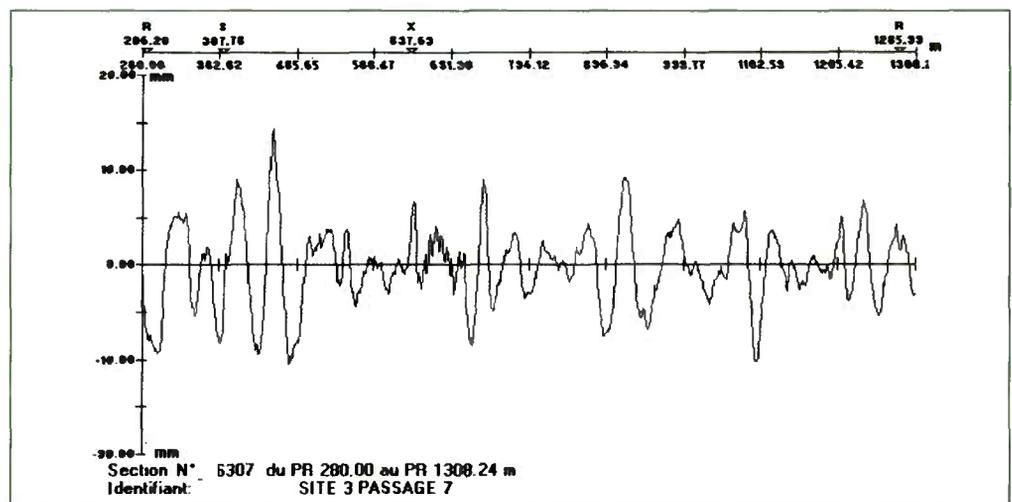
La figure 1 donne l'exemple d'un tel profil relevé sur environ un kilomètre.

Tableau I :

Modules et types d'application de la Méthode d'essai n° 46

Fig. 1 :

Aspect d'un profil relevé au pas d'échantillonnage $\Delta x = 5,14$ cm.



En référence à la norme NF P 98-218-3 [2], les caractéristiques minimales des relevés réalisés par le moyen d'essai, doivent être les suivantes :

- contenu spectral : restitution sans atténuation de toutes les longueurs d'ondes λ comprises entre 0,7 m et 45,2 m,
- échantillonnage spatial : pas élémentaire $\Delta x \leq 5 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$,
- amplitude verticale : étendue de mesure $\geq \pm 80 \text{ mm}$, résolution $\leq 0,1 \text{ mm}$,
- abscisse curviligne : résolution $\leq 0,05 \text{ m}$, précision $\leq 0,1 \%$.

En complément, on saisit, au cours de la mesure et de manière synchrone à l'acquisition de l'abscisse curviligne, toute information ou « événement » servant au repérage et à la localisation des points singuliers : changement de revêtement, joint d'ouvrage, traversée de voie ferroviaires, etc.

Le pseudo-profil ainsi décrit, est l'information de base à laquelle s'appliquent les méthodes de traitement, faisant l'objet des normes NF P 98-218-3 [2] ou ISO 8608 [1] ou de définitions spécifiques, pour caractériser par l'intermédiaire d'un indicateur, l'uni longitudinal d'une couche de chaussée.

L'analyse directe de la forme du pseudo-profil est en outre indispensable pour la localisation d'un défaut d'uni particulier.

4.2. Analyse du profil : calcul du quantificateur d'uni NBO

L'analyse de chaque profil relevé passe par le calcul des indices d'uni NBO (Notes par bandes d'ondes). En référence à la norme NF P 98-218-3, ce calcul requiert une décomposition numérique préalable du profil relevé, en signaux filtrés selon trois bandes de longueurs d'ondes définies dans le tableau II.

Dans chaque bande d'onde et pour la longueur de segmentation choisie, on calcule l'énergie du signal filtré, pour donner les indices suivants d'énergie par bandes d'ondes EBO (unité en cm^3) :

- EPO₂₀ désigne les énergies PO calculées sur des segments successifs de 20 m de longueur,
- EMO₁₀₀ désigne les énergies MO calculées sur des segments successifs de 100 m de longueur,
- EGO₂₀₀ désigne les énergies GO calculées sur des segments successifs de 200 m de longueur.

La procédure d'analyse est illustrée par la figure 2.

Désignation	Terme abrégé	Longueurs d'ondes en m	Longueur des segments de calcul en m
petites ondes	PO	$0,707 < \lambda < 2,828$	20 m
moyennes ondes	MO	$2,828 < \lambda < 11,312$	100 m
grandes ondes	GO	$11,312 < \lambda < 45,248$	200 m

Tableau II :
Définition des bandes de longueurs d'ondes

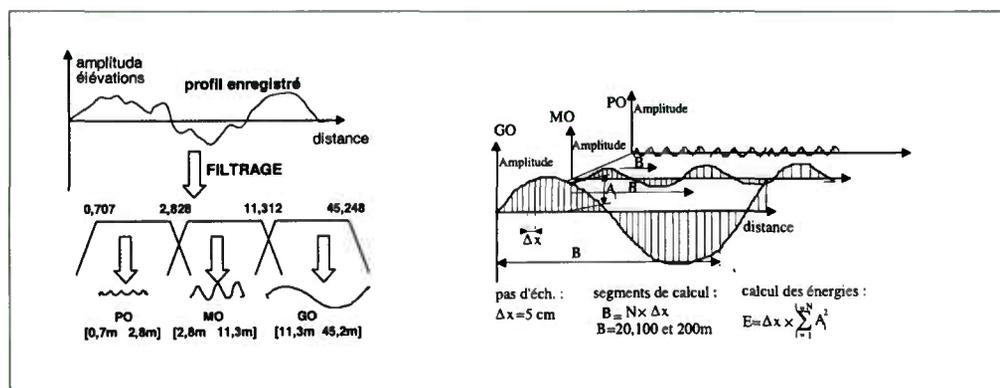


Fig. 2 :
Principe de calcul des énergies EBO

Les segments de calcul sont localisés par rapport au repère d'origine de la section à ausculter. En fin de session de mesure, lorsqu'un segment est inférieur à 20 m, 100 m et 200 m (respectivement PO, MO et GO), il n'est pas procédé au calcul de l'énergie s'y rapportant.

Les valeurs des énergies EBO ainsi obtenues sont transformées en notes par bandes d'ondes (NBO), qui donnent une appréciation de la qualité chiffrée dans une échelle à 20 niveaux graduée de 0 (très mauvais uni) à 10 (excellent uni). La correspondance entre les valeurs des notes NBO et les étendues des valeurs des énergies EBO est donnée dans le tableau III.

À ce stade, on dispose alors d'un fichier informatique comportant en regard des valeurs de distance parcourue (abscisse curviligne), par segment, les valeurs des énergies et des notes par bandes d'ondes pour les profils relevés.

Tableau III :

Correspondances entre les énergies EBO et les notes NBO.

Notes NBO	INTERVALLE DES ÉNERGIES EBO (borne droite incluse, borne gauche exclue)		
	Petites ondes EPO ₂₀ (en cm ³)	Moyennes ondes EMO ₁₀₀ (en cm ³)	Grandes ondes EGO ₂₀₀ (en cm ³)
10	0 à 1,1	0 à 39	0 à 1 267
9,5	1,1 à 1,4	39 à 49	1 267 à 1 585
9	1,4 à 1,7	49 à 62	1 585 à 1 983
8,5	1,7 à 2,2	62 à 77	1 983 à 2 481
8	2,2 à 2,7	77 à 97	2 481 à 3 103
7,5	2,7 à 3,4	97 à 121	3 103 à 3 882
7	3,4 à 4,2	121 à 151	3 882 à 4 857
6,5	4,2 à 5,3	151 à 189	4 857 à 6 076
6	5,3 à 6,6	189 à 236	6 076 à 7 601
5,5	6,6 à 8,2	236 à 296	7 601 à 9 509
5	8,2 à 10,3	296 à 370	9 509 à 11 896
4,5	10,3 à 12,9	370 à 463	11 896 à 14 882
4	12,9 à 16,1	463 à 579	14 882 à 18 618
3,5	16,1 à 20,2	579 à 725	18 618 à 23 292
3	20,2 à 25,3	725 à 906	23 292 à 29 139
2,5	25,3 à 31,6	906 à 1134	29 139 à 36 453
2	31,6 à 39,5	1 134 à 1 419	36 453 à 45 604
1,5	39,5 à 49,5	1 419 à 1 775	45 604 à 57 051
1	49,5 à 61,9	1 775 à 2 220	57 051 à 71 372
0,5	61,9 à 77,4	2 220 à 2 778	71 372 à 89 288
0	> 77,4	> 2 778	> 89 288

4.3. Autres analyses du profil : cas particuliers

Certaines applications ne font appel que partiellement aux résultats décrits (une ou deux bandes sur les trois traitées) d'autres nécessitent parfois l'utilisation de quantificateurs spécifiques. Ces cas sont alors décrits dans le module propre à l'application.

5. Appareils de mesure

5.1. Profilomètres à référence géométrique

Cette dénomination recouvre les appareils dont le principe de mesure repose sur une référence géométrique comme : les règles, les théodolites de précision, les faisceaux laser, etc. Ces appareils sont, à ce jour, généralement statiques ou quasi-statiques.

5.2. Profilomètres à référence inertielle

Cette dénomination recouvre les appareils dont le principe de mesure repose sur une référence inertielle directe à basse fréquence comme les systèmes à pendule inertielle ou à centrale gyroscopique, ou indirecte comme les systèmes à double intégration de l'accélération. Ces appareils sont mis en œuvre à vitesse constante et ont un grand rendement.

5.3. Démarche Qualité

Les équipements doivent être en conformité avec la procédure Qualité, à la fois métrologique et opératoire, définie par le constructeur ; une attestation de conformité les accompagne.

5.4. Matériels spécifiques à une application

Des textes réglementaires se rapportant à certaines applications particulières (par exemple pour la vérification de conformité des chaussées neuves) se réfèrent à un matériel ou un traitement des données spécifique. Dans ce cas, et lorsqu'il y a nécessité, une annexe décrit dans le module concerné, les dispositions particulières à prendre.

6. Sécurité

Pour la sécurité des personnels et des matériels, l'équipage de mesure devra respecter toutes les dispositions indiquées dans le Plan Prévention Sécurité et de Protection Santé du chantier. Dans tous les cas, il prendra les consignes auprès du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre [3] et [4].

7. Glossaire

APL : Analyseur de Profil en Long –matériel mlpc™

Quantificateur (ou indice) d'uni : indicateur de la qualité de l'uni d'une chaussée ou d'une piste. Il est déterminé par des algorithmes de calcul appliqués au profil relevé en utilisant ou non, différents modes de filtrage. On trouve aussi le terme index qui est pris au vocabulaire anglais.

APL72 : Ancienne configuration bitrace de l'APL qui permettait après filtrage du signal analogique dans trois bandes d'ondes, respectivement PO [1-3,3 m], MO [3,3-13 m], GO [13-40 m] de délivrer à partir de leurs énergies, des notes d'uni dites notes APL72 dans une échelle de 1 à 10, sur des segments de chaussée de 200 m et à partir de la moyenne des énergies gauche et droite. Voir aussi notation NBO.

Bande de roulement : les deux parties de la voie de circulation correspondant à l'emprise de la chaussée en contact avec les pneumatiques des véhicules. Cette emprise se délimite par la variété de largeurs de voie des véhicules pour leurs trajectoires les plus fréquentes. La matérialisation est alors visible sous différentes formes (traces de pneumatiques, polissage, ressuage voire omiérage).

Bitrace : configuration ou équipement permettant le relevé simultané de deux pseudo-profil.

Monotrace : configuration ou équipement permettant le relevé d'un seul pseudo-profil.

Notation NBO (par segmentation variable) : La notation par bandes d'ondes est définie au chapitre 4.2. On remarquera que si le principe général est le même que la notation APL72, le mode de filtrage, les bandes des filtres, les segments de calcul et le mode de notation ont évolué notamment en fonction de normes.

Pseudo-profil : image d'un profil vrai de la chaussée dont les caractéristiques dépendent du filtre à travers lequel est vu le profil. Ce filtre déforme le profil en modifiant l'amplitude et /ou la phase du signal qui le transcrit. Par convention, l'uni des chaussées est défini par un pseudo-profil des défauts de longueurs comprises entre environ 0,5 m et environ 50 mètres. Cependant, on emploie souvent pour ce pseudo-profil, le terme profil, voire profil de référence, ce dernier étant lui-même plus ou moins fidèlement relevé par les différents matériels d'auscultation créés à cet effet.

Trace : axe longitudinal portant la position des relevés du profil routier. Cet axe correspond à la trajectoire de l'appareil au cours de la mesure. Par extension, on utilise les termes de trace gauche ou trace droite, pour désigner le canal de mesure dans la chaîne d'acquisition. On parle «d'erreur de trace» quand les mesures sont réalisées en dehors de l'axe souhaité.

Transposition (de vitesse) : opération qui permet de reconstituer, pour un pseudo-profil obtenu à une vitesse de mesure donnée, le pseudo-profil qui aurait été obtenu à une autre vitesse. La fidélité et la justesse des résultats de cette opération dépendent de la stabilité de la fonction de transfert mais aussi du contenu spectral du signal analysé. De ce fait, et quoique fiables dans la majeure partie des cas, ces résultats ne peuvent être considérés que comme des approximations des valeurs qui auraient été obtenues dans les conditions normales de mesurage.

8. Références

- [1] Norme ISO 8608 : Vibrations mécaniques - Profils de routes - Méthode de présentation de résultats, éditeur ISO, janvier 1995.
- [2] Norme NF P 98-218-3 : Détermination de quantificateurs d'uni longitudinal à partir de relevés profilométriques, éditeur AFNOR.
- [3] Signalisation temporaire - Manuel du chef de chantier, routes à chaussées séparées et routes bidirectionnelles, éditeur SETRA, mars 1993.
- [4] Exploitation sous chantier, les alternats : guide technique, DR/DSCR-SETRA.
- [5] Niveau d'uni des couches de roulement- Bilan des mesures en France depuis 1993. Marie-Line Gallenne et Wladyslaw Jendryka. Symposium SIAIS sur l'impact environnemental des défauts d'uni des routes. Porto, Portugal, mars 1999.
- [6] Exigences d'uni pour les chaussées : évolutions et conséquences. J.-F. Corté. Symposium SIAIS sur l'impact environnemental des défauts d'uni des routes. Porto, Portugal, mars 1999.
- [7] Uni et confort vibratoire des véhicules légers. Y. Delanne et P. Daburon. Symposium SIAIS sur l'impact environnemental des défauts d'uni des routes. Porto, Portugal, mars 1999.
- [8] Inventory of high-speed longitudinal and transverse road evenness measuring equipment in Europe. Étude FILTER. G. Descomet, Rapport FEHRL 99-01.

Page laissée blanche intentionnellement

Vérification de la conformité de la couche de roulement des chaussées (Module M1)

1. Objet de la méthode

Ce premier module de la méthode d'essai n° 46 décrit la façon de caractériser la qualité d'uni d'une chaussée.

À partir du relevé du pseudo-profil, on calcule un quantificateur des défauts d'uni de la route sur une longueur donnée. Une analyse de la suite des quantificateurs obtenue permet de situer le niveau de la qualité de l'uni par rapport à des exigences de qualité minimale requise fixées dans les clauses des marchés de travaux.

2. Domaine d'application

La méthode est applicable à la vérification de la conformité de l'uni longitudinal des couches de roulement des chaussées lors de la réception des travaux de construction d'une chaussée neuve et pour les travaux de renforcement ou d'entretien d'une chaussée en service. Les mêmes dispositions s'appliquent alors, pour l'évaluation préalable de l'uni de la couche support.

Dans le cadre de contrôles internes, il est recommandé de vérifier la qualité de l'uni sur les couches inférieures. Les chapitres suivants contiennent, les éléments propres à cette application. La méthode s'applique aux voies de circulation réservées au trafic automobile quels que soient les types de chaussées et les catégories de routes : autoroutes et voies assimilées, routes interurbaines, voies urbaines.

3. L'appareil de mesure

L'appareil de mesure doit être un appareil de type «profilomètre» de classe 1 au sens de la norme NF P 98 218-3.

4. Fidélité de la méthode d'essai

La précision attendue d'une mesure d'uni réalisée dans le cadre de l'essai ici défini, est donnée dans le tableau M1-1 qui indique la valeur d'EMT (Erreur maximale tolérée) associée à une valeur élémentaire des indicateurs NPO, NMO et NGO, avec un intervalle de confiance de 99 %.

Bandes d'ondes	EMT en note
PO	1 point
MO	0,5 point
GO	0,5 point

Tableau M1-1

Erreurs maximales tolérées dans l'application de la méthode d'essai n° 46

5. Description de l'essai

5.1. Objet de l'essai

Pour une voie de circulation donnée, l'essai consiste à relever, en continu et dans le sens de circulation du trafic, deux profils suivant des traces de mesures situées dans les bandes de roulement des véhicules et à calculer pour chaque profil relevé, l'indicateur d'uni NBO, tel que défini dans le chapitre général, selon une segmentation variable.

La figure M1-1 schématise le positionnement transversal des traces de mesures sur la voie auscultée.

Avec un appareil bitrace :

écartement $E = 1,50 \text{ m} \pm 0,25 \text{ m}$

$L_d = L_g = (L - E) / 2 \pm 0,40 \text{ m}$

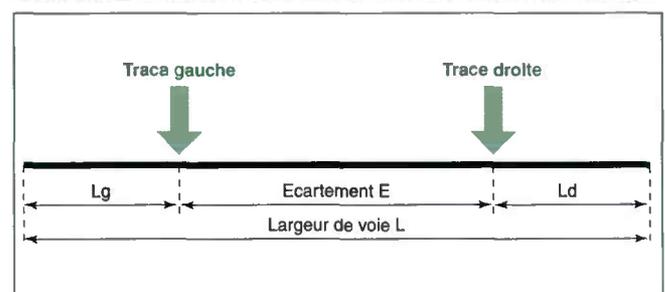
Avec un appareil monotrace :

si $L = 3,5 \text{ m} \Rightarrow L_d = L_g = 1 \text{ m} \pm 0,40 \text{ m}$

si $L = 3 \text{ m} \Rightarrow L_d = L_g = 0,75 \text{ m} \pm 0,40 \text{ m}$

Fig. - M1-1 :

Positionnement transversal des traces de mesure sur une voie de circulation.



5.2. Préparation de l'essai

Avant d'entreprendre l'essai, il convient d'effectuer une reconnaissance du site à ausculter, pour :

- s'assurer de la faisabilité de l'essai dans les conditions normales d'utilisation de l'appareil,
 - propreté de la chaussée,
 - absence d'entrave à la circulation (existante ou risquant d'apparaître),
 - possibilité du maintien de la vitesse de mesure requise,
- situer la zone de mesure par rapport à un point de repère (PR) qui peut être :
 - une borne ou marque de PR existante,
 - un ouvrage d'art,
 - une intersection de routes en l'absence de tout autre repère,
 - ou un profil de chantier ;
- inventorier les événements qui seront saisis au cours de la mesure (PR, ouvrages d'art, intersections, joints transversaux, etc.) ;
- marquer la zone à ausculter :
 - au droit des repères d'origine et d'extrémité de la zone pour faciliter leur identification et leur saisie,
 - sur les joints, au droit des ouvrages d'art.

5.3. Exécution de l'essai

Sauf spécification contraire définie dans le CCTP de marché de travaux, l'essai est réalisé dans le sens normal de circulation du trafic, en respectant les instructions de la notice d'utilisation de l'appareil pour obtenir les performances métrologiques requises (par exemple celles relatives à la vitesse de mesure).

L'enregistrement des profils relevés est déclenché au moins 200 m avant le repère d'origine de la section à ausculter et arrêté au moins 200 m après le repère de fin (fig. - M1-2).

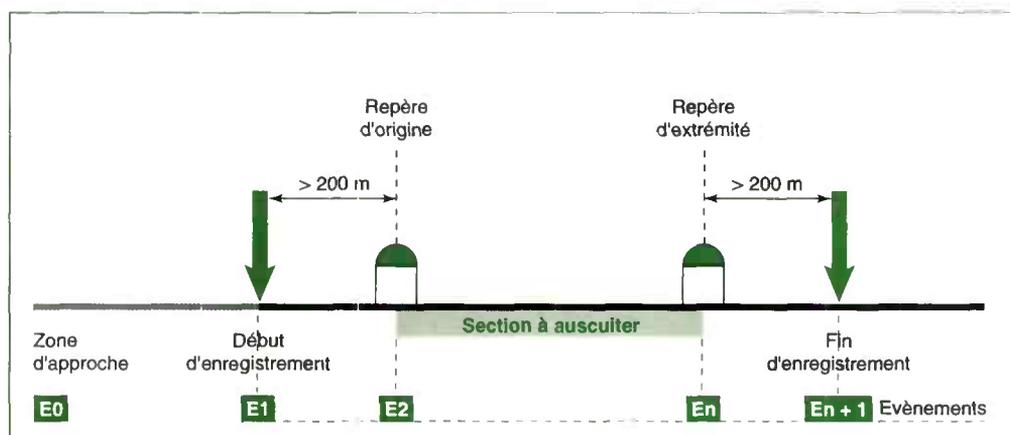


Fig. M1-2 :

Schéma des zones de transition encadrant une section à ausculter.

Il est conseillé de limiter à 15 000 m environ la longueur maximale d'un relevé afin de limiter les erreurs cumulées sur la mesure de l'abscisse curviligne.

À l'issue des mesures, les fichiers des valeurs d'élévation des profils enregistrés font l'objet d'une vérification. On effectue un contrôle de la forme du profil relevé qui ne doit pas comporter de discontinuité ou d'aberration. On vérifie également l'abscisse curviligne des repères et autres points singuliers relevés.

En cas d'intervention sous circulation, les dispositions sont arrêtées en commun accord avec le service gestionnaire de la route.

5.4. Cas des mesures sur les couches intermédiaires

Dans ce cas, l'application des dispositions de ce module reste fortement recommandée. Toutefois des adaptations pourront être apportées pour tenir compte des contraintes induites par l'organisation du chantier.

5.4.1. Exigences sur le repérage

Dans tous les cas où intervient la notion de comparaison des résultats avant travaux et après travaux, il convient de porter le plus grand soin au repérage de l'origine commune aux essais successifs dans le but de pouvoir les superposer correctement.

5.4.2. Exigences sur la vitesse de mesure

Sur des couches intermédiaires (couches sous jacentes à la couche de roulement finale), il ne sera pas toujours possible de pratiquer la vitesse nominale d'essai prévue par le mode opératoire de l'appareil. Dans le cas où la vitesse ne pourrait pas être maintenue (circulation de chantier, présence d'obstacles, instabilité des matériaux de la couche auscultée, etc.), le mode opératoire des appareils, dont les résultats de mesure sont sensibles à la vitesse d'auscultation, doit préciser les dispositions à prendre pour en déduire les valeurs du quantificateur NBO.

5.4.3. Nombre de traces de mesures

La couche support de la couche de roulement finale sera mesurée dans les mêmes conditions que pour cette dernière : mesure dans les bandes de roulement de chaque voie de circulation.

Les mesures sur les couches inférieures peuvent n'être réalisées que dans une seule trace de chaque voie de circulation et de préférence dans la bande de roulement droite. Les opérations de comparaison doivent être appliquées sur les mêmes traces.

5.4.4. Erreurs maximales tolérées (EMT)

Sur la couche support de la couche de roulement finale, l'incertitude de mesure doit être inférieure (ou au plus égale) aux valeurs d' EMT définies pour les trois bandes d'ondes dans le tableau M1-1.

Pour les mesures sur les couches inférieures à la couche support de la couche de roulement finale, les valeurs d'EMT sont plus élevées compte tenu des conditions d'essai.

Le tableau M1-2 fixe les EMT en prendre en compte pour les résultats sur les couches inférieures selon la même définition qu'au chapitre 4.

Nota à l'attention des prescripteurs : les niveaux des spécifications contractuelles et les critères d'appréciation du respect de ces spécifications doivent tenir compte des valeurs d'EMT assignées aux mesures de contrôle de conformité de l'ouvrage.

Bandes d'ondes	EMT en note
PO	Sans objet
MO	1 point
GO	1 à 1,5 point

Tableau M1-2

Erreurs maximales tolérées dans l'application de la méthode d'essai LCPC 46 sur les couches intermédiaires¹.

1. Hors couche support de la couche de roulement

Tableau M1-3

Exemple de tri des notes NBO sur un lot de 1 000 m.

Notes	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	
NPO gch	44	4	2																			
NPO dte	40	5	3	2																		
NMO gch	7	2	1																			
NMO dte	6	1	3																			
NGO gch	4	1																				
NGO dte	4		1																			

6. Analyse des résultats

6.1. Cas général

L'analyse des résultats est réalisée par tronçon (lot) de 1 000 m (cas général) ou de 4 000 m (autoroute) sur chacune des traces auscultées.

Nota : La configuration et le découpage de la section de chaussée à évaluer peuvent conduire à avoir :

- un dernier lot d'une longueur supérieure à 1 000 m (ou 4 000 m sur autoroute) et inférieure à 2 000 m (ou 8 000 m sur autoroute),
- un lot unique de longueur inférieure à 1 000 m (ou 4 000 m sur autoroute).

Dans ces cas, l'analyse des résultats est menée sur ces lots de la même façon que pour un lot de 1 000 m (ou 4 000 m sur autoroute) au prorata du nombre de notes contenues dans le lot.

Pour chaque lot et pour chaque trace de mesure (droite et gauche), on effectue un décompte des valeurs de notes qui sera présenté comme indiqué dans le tableau M1-3.

Pour un lot de 1 000 mètres et pour chaque trace, on dispose ainsi de 50 valeurs de notes NPO, 10 de notes NMO et 5 de notes NGO.

6.2. Cas des mesures sur les couches intermédiaires

Sauf document spécifique explicitant une méthodologie différente d'analyse des résultats, les dispositions générales s'appliquent sur les couches successives. On notera toutefois que sur les couches inférieures (hors couche support de la couche de roulement) l'analyse des notes PO n'a aucun intérêt et qu'elles ne seront donc pas à prendre en compte.

7. Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sur une feuille d'essai contenant :

- un graphique, sous forme de schéma itinéraire, des notes pour les trois bandes d'ondes dans les deux traces auscultées ainsi que le positionnement des événements relevés,
- un cartouche comportant la date des mesures, les informations relatives à l'identification et la localisation de la section auscultée ainsi que les paramètres de mesure (vitesse, pas d'acquisition etc.),
- les conditions particulières d'exécution des mesures : conditions climatiques, état de la chaussée, incidents, etc.,
- le résultat du tri des notes sous forme d'un tableau des effectifs par note (ou graphe des distributions).

En plus des feuilles d'essais précédemment décrites, le procès-verbal d'essai contient une page de garde identifiant clairement l'organisme responsable de l'exécution de l'essai, ses coordonnées, les références du dossier, ainsi que le demandeur des essais. Il mentionne par ailleurs l'équipage et l'appareil de mesure ainsi que la date de vérification de l'appareil par l'organisme contrôleur.

Un exemple est donné dans les pages suivantes.

Nom et coordonnées de l'organisme réalisateur du contrôle

**UNI LONGITUDINAL DE LA COUCHE DE ROULEMENT
CONTRÔLE DE CONFORMITE**

Procès verbal d'ESSAI N°

en référence
à la Circulaire Uni DR xxx
et à la Méthode d'essai n° 46

Référence de la commande

Commandé le :

par :

Référence de commande N° :

Contrôle en date du :

réalisé par :

Affaire suivie par :

Identification du moyen d'essai

APL n°

vérifié le : par :

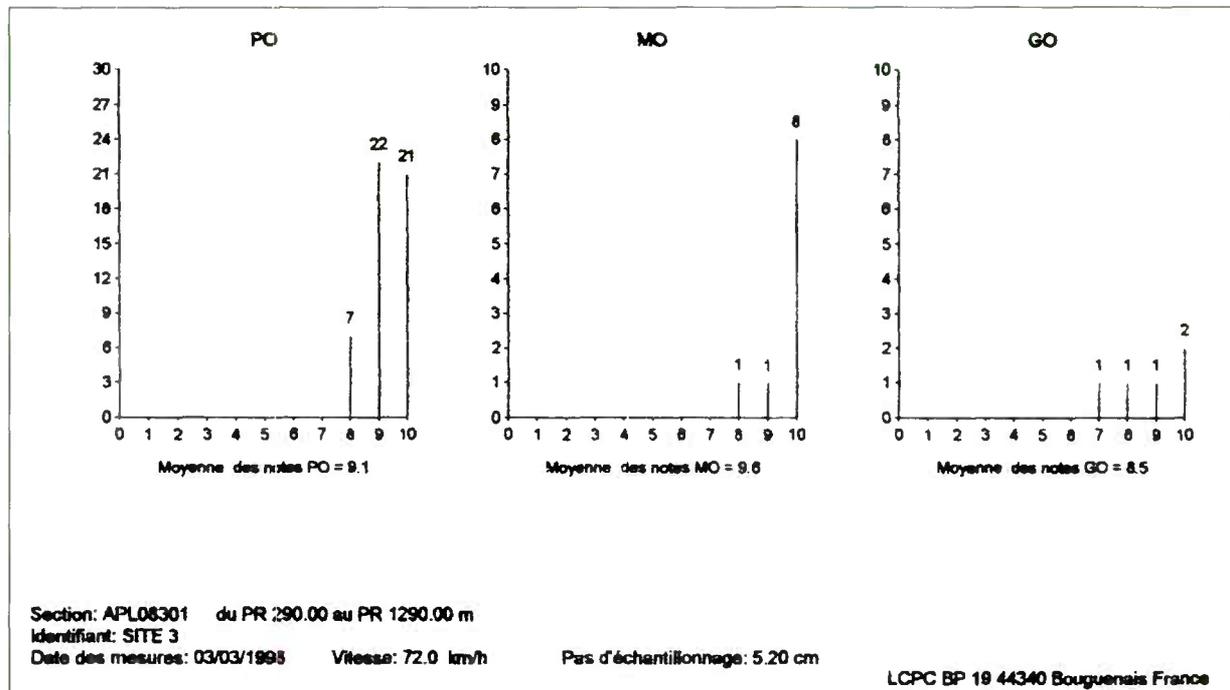
ce document contient page(s).

Section n° : RN : voie : PR : à PR :

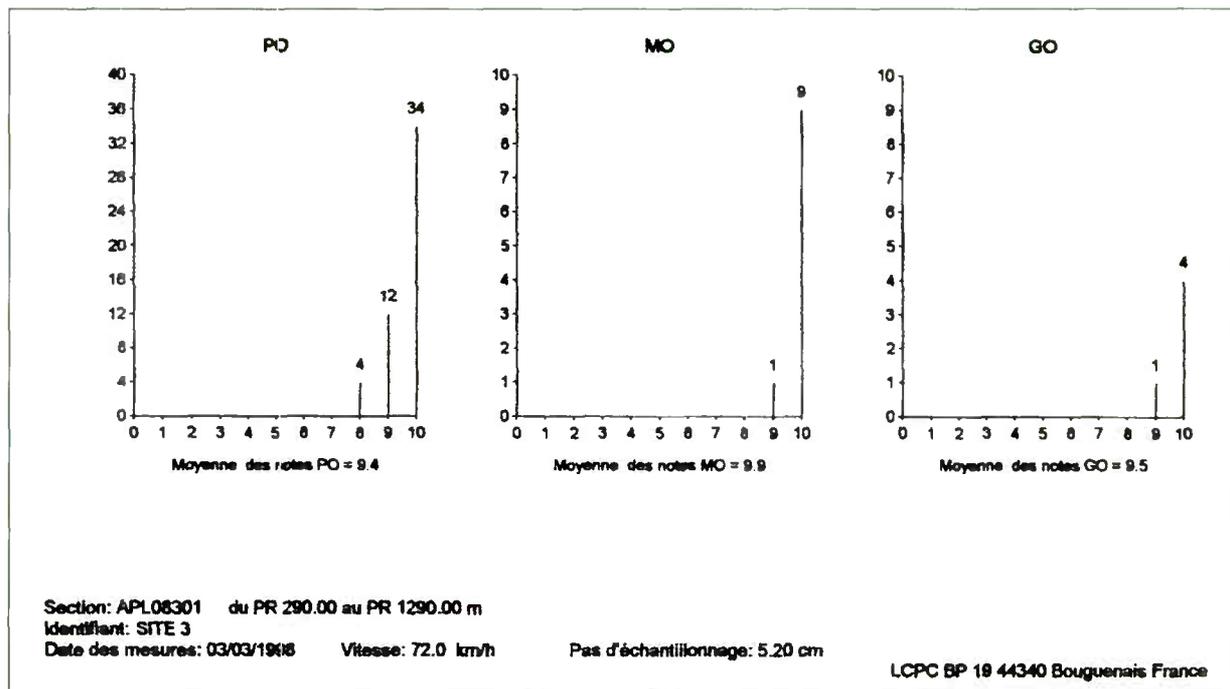
Date : nature du revêtement :

Observations : Réalisé par :

Histogramme : trace droite



Histogramme : trace gauche



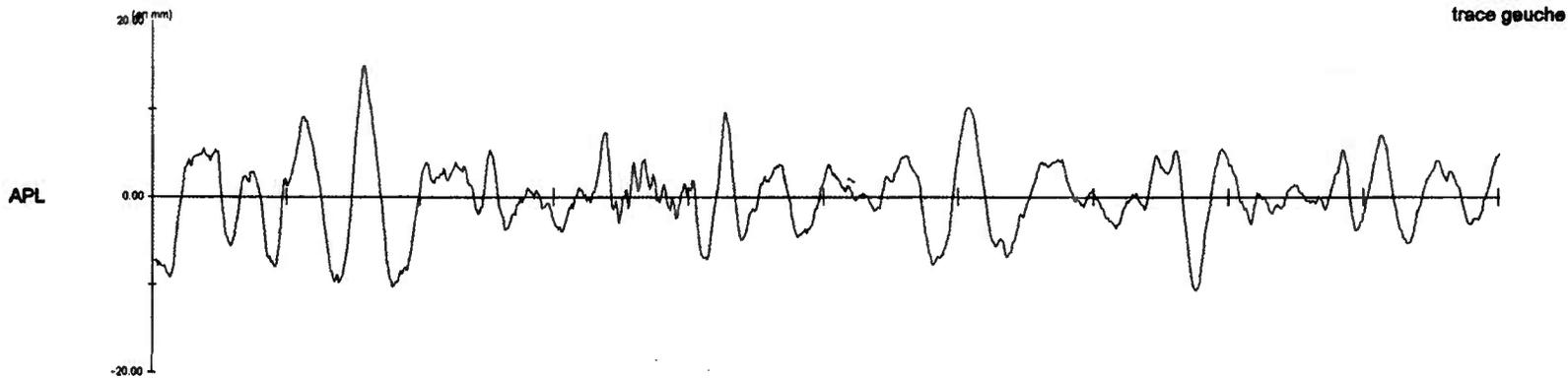
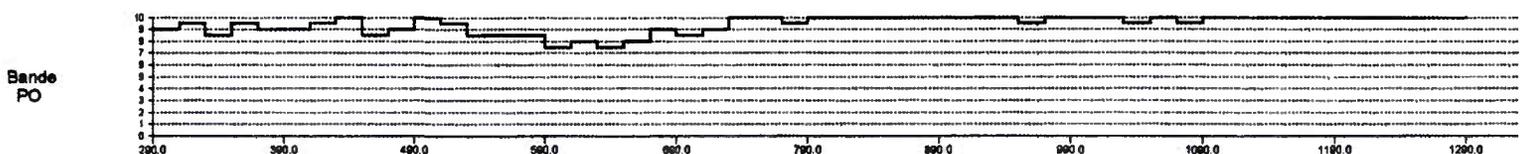
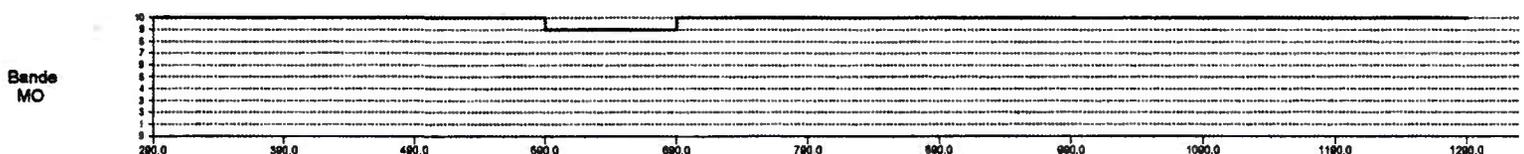
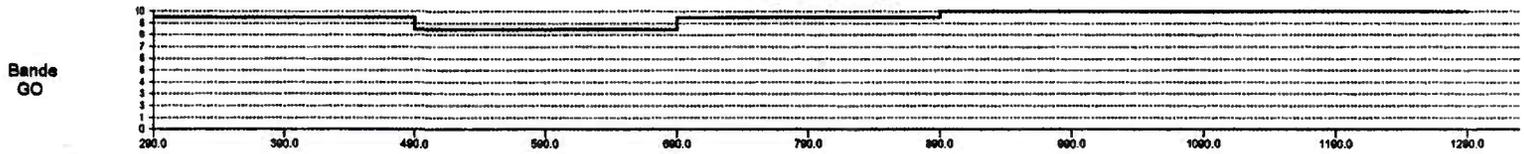


Schéma itinéraire des notes NBO



Section: APL08301 du PR 290.00 au PR 1290.00 m
 Identifiant: SITE 3
 Date des mesures: 03/03/1998 Vitesse: 72.0 km/h Pas d'échantillonnage: 5.20 cm

Page laissée blanche intentionnellement

Annexes au module M1 de la méthode d'essai



Page laissée blanche intentionnellement

Annexe AM1-1 :

Dispositions spécifiques à l'utilisation du Profilomètre mlpc APL

1. Prescriptions

1.1 Dispositions générales

Lorsqu'un texte réglementaire ou des spécifications requièrent explicitement l'emploi de l'appareil mlpc APL, on s'assurera que l'appareil et ses conditions d'utilisation sont conformes à celles décrites ci après.

Les principales caractéristiques métrologiques et fonctionnelles de l'APL sont présentées dans la fiche [1].

Le paragraphe 2 décrit les éléments principaux de l'APL et le paragraphe 3 la fonction de transfert en excitation harmonique de l'APL.

Les opérations de mise en œuvre de la remorque, de vérification et de réglage des différents éléments de la chaîne de mesure sont décrites dans le manuel Notice d'utilisation des matériels [2].

Les principaux incidents de fonctionnement susceptibles d'être rencontrés ainsi que leur traitement sont rappelés au paragraphe 4.

Les opérations de contrôles quotidiens et de calibration avant essai sont indiquées dans le paragraphe 5.

Les opérations de traitement des fichiers de mesures ainsi que les structures des différents fichiers de résultats (en sortie) sont décrites dans le manuel Notice d'utilisation des logiciels de traitement [3].

1.2 Prescriptions particulières sur la vitesse de mesure

1.2.1 Cas du contrôle de conformité de la couche de roulement finale de la chaussée :

L'essai est en principe réalisé à une vitesse maintenue constante de 72 km/h avec une tolérance de ± 10 km/h.

Toutefois certains itinéraires ou parties d'itinéraires sont limités en vitesse pour des raisons techniques ou administratives.

Dans ces cas les essais sont réalisés à $54 \text{ km/h} \pm 6 \text{ km/h}$ et analysés séparément comme prévu dans les textes réglementaires. Les spécifications propres à ces cas ne concernent que le domaine des petites longueurs d'ondes.

En règle générale, le prescripteur privilégiera les découpages d'itinéraire à contrôler de telle sorte que les mesures puissent être réalisées à vitesse constante. Lorsqu'une partie d'itinéraire nécessite une adaptation de vitesse, celle-ci doit s'effectuer sans aucun à-coup d'accélération ou de décélération perceptible dans le véhicule d'essai.

Le ralentissement au voisinage amont de la zone à vitesse réduite et l'accélération au voisinage aval de cette zone doivent être exécutés avec la plus grande souplesse de conduite. Il convient par ailleurs d'en «toper» le début et la fin.

Dans les conditions de vitesse réduite décrites, les performances instrumentales et les incertitudes de mesure avec l'APL sont conservées pour les domaines des petites et moyennes longueurs d'ondes.

1.2.2 Cas des mesures sur les couches de chaussées intermédiaires :

Ne serait-ce que vis à vis de l'intégrité des matériels, la vitesse de mesure de 72 km/h n'est pas toujours compatible avec la nature du revêtement sur lequel se déplace le véhicule d'essai. Dans les conditions usuelles, il faut aussi respecter la vitesse réglementaire fixée sur le chantier qui peut être comprise entre 40 et 50 km/h.

Dans ce cas, la méthode d'analyse du signal APL en énergies et notes par bande d'onde prévoit une disposition (correction) permettant d'assurer l'équivalence des résultats obtenus à partir de mesures à 54 ou 36 km/h, avec ceux de mesures à 72 km/h.

Cette disposition permet de corriger, compte tenu de la fonction de transfert de l'APL, l'atténuation dans le domaine des plus grandes longueurs d'ondes (fig.AM1-4). Elle est disponible dans les logiciels de traitement livrés avec l'APL, sous la terminologie de «transposition». Les résultats de traitement ainsi obtenus sont conformes, en terme d'incertitude, aux E.M.T du tableau M1-2 du Module M1.

2. Profilomètre mlpc APL

Le principe de fonctionnement du profilomètre mlpc APL (figure AM1-1) est d'effectuer une mesure de l'angle β entre l'axe du bras porte-roue et l'axe du fléau du pendule inertiel. Ceci permet de déterminer l'amplitude A du défaut d'uni par rapport au profil moyen. Le découplage entre les comportements de la remorque et du véhicule tracteur est assuré par un attelage à cardan et un réglage spécifique du pendule inertiel.

Le châssis lesté, s'appuyant sur le bras porte-roue par l'intermédiaire d'un ressort et d'un amortisseur, permet d'assurer un contact permanent de la roue de mesure sur la chaussée. Les caractéristiques de masse, raideur et amortissement permettent au système de supporter des accélérations verticales transitoires de l'ordre de 100 m/s^2 sans perte de contact.

La figure AM1-2 présente un schéma de principe du circuit d'acquisition. Avant de procéder aux mesures, l'opérateur définit les paramètres de l'acquisition (vitesse de mesure, pas d'échantillonnage, fréquence de rafraîchissement d'écran) qui sont transmis à l'électronique. Sur action de la touche F1, l'électronique est configurée, la vitesse instantanée est calculée et l'écart par rapport à la vitesse de consigne est transmis au chauffeur par l'intermédiaire d'un indicateur de consigne. Dès l'action sur la touche F3, l'enregistrement des données commence jusqu'à la détection de l'action sur la touche F6 qui termine la session. Dans l'intervalle, les événements repérés par l'opérateur sont entrés sous forme d'un caractère quelconque du clavier éventuellement complété d'un commentaire sur 12 caractères par action sur la touche F10.

A l'issue d'une séance d'acquisition, la session de mesures est définie par trois fichiers relatifs :

- aux élévations du profil (*.MES),
- aux événements saisis (*.EVE),
- à l'identification (*.IDE),

fichiers auxquels tous les traitements ultérieurs feront appel comme le montre la figure AM1-3.

Les détails sont donnés dans la notice d'utilisation des programmes de traitement [3].

Fig. AM1-1 :

Principe de la remorque APL.

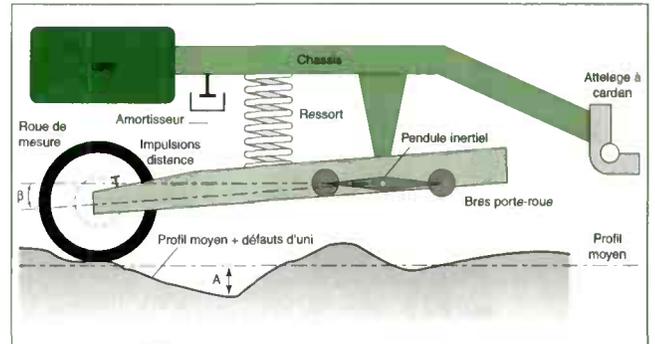


Fig. AM1-2 :

Principe du circuit d'acquisition de l'APL.

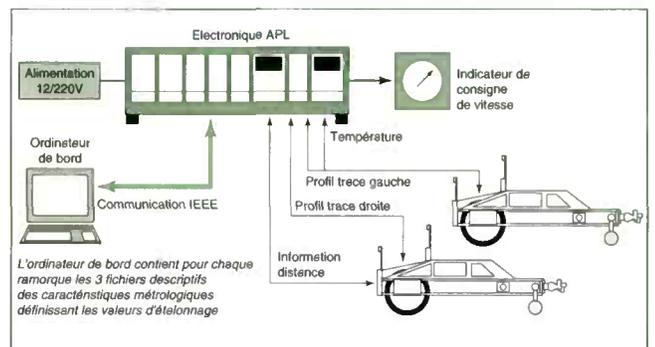
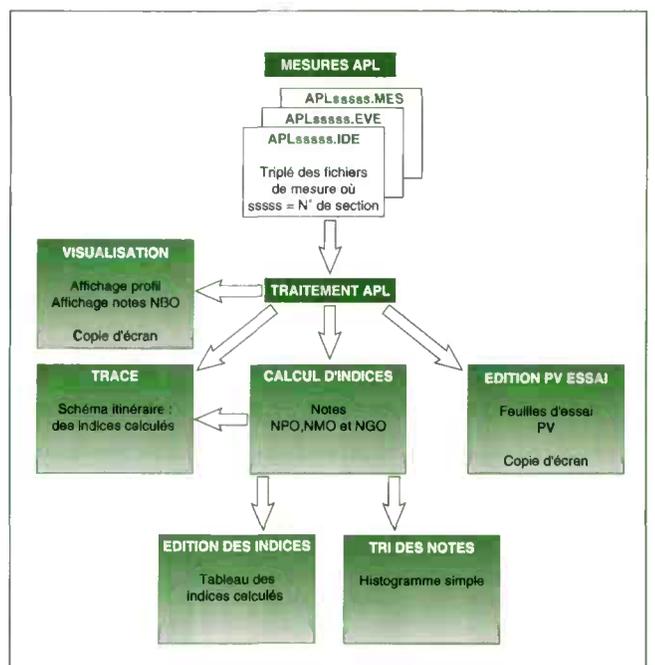


Fig. AM1-3 :

Synoptique de principe du traitement des mesures APL.



3. Fonction de transfert de l'APL

Fonction de transfert «harmonique» de l'APL

Après réglage par le constructeur, la fonction de transfert en amplitude de la remorque APL, en excitation harmonique (sinus d'amplitude égale à 3 mm) est quasi unitaire dans le domaine de fréquences [0,4 Hz - 30 Hz].

Au domaine de fréquences F (en Hz) correspond une gamme de longueurs d'onde λ (en m) telle que $\lambda = V/F$ où V est la vitesse de mesure en m/s (ffig. AM1-4).

4. Incidents de fonctionnement

Les incidents les plus fréquents susceptibles de survenir sont identifiés dans le manuel Notice d'utilisation des matériels [2]. On y traite également de la conduite à tenir et des services compétents devant intervenir.

On rappelle ci-après les principaux incidents ou dysfonctionnements et les consignes qui s'y rapportent.

4.1 Liste des principaux incidents

4.1-a Crevaison du pneumatique

Le changement de pneumatique sur la roue de mesure, compte tenu des spécifications qui s'y rapportent, nécessite l'intervention d'un personnel compétent et de moyens d'équilibrage appropriés. Le laboratoire doit tenir en stock au moins une roue de secours dont les caractéristiques sont connues.

Il est rappelé qu'il est préconisé d'utiliser hors mesure, une roue dite «de transfert» afin de ménager les roues qualifiées pour les mesures qui sont montées juste avant les essais.

4.1-b Rupture de la liaison du ressort de rappel du fléau du pendule

L'opération de remplacement doit être mentionnée par l'utilisateur au responsable de l'organisme gestionnaire dont il dépend. On se référera au P.V de vérification au banc pour le respect des cotes définissant la longueur de la crinelle de rappel ainsi que la cote de fixation de la crinelle d'ancrage.

4.1-c Rupture d'un pivot à lames croisées

Pas toujours visible à l'œil nu, cet incident peut être détecté par l'apparition de signaux parasites, un mauvais retour à zéro, et/ou une réponse à l'échelon perturbée.

4.1-d Défaut de mobilité du pendule

Il peut être le signe de la présence d'eau, de poussière ou d'autres éléments sur le drapeau du fléau du pendule ou entre les aimants permanents de l'amortisseur magnétique. Seul le nettoyage sans démontage est permis à l'utilisateur.

4.1-e Incident sur une carte électronique

L'utilisateur peut procéder au remplacement d'une carte dont il a mis en évidence le mauvais fonctionnement.

4.1-f Mauvais amortissement du pendule

Cet incident peut être mis en évidence au cours d'une opération de contrôle «quotidien» par l'utilisateur.

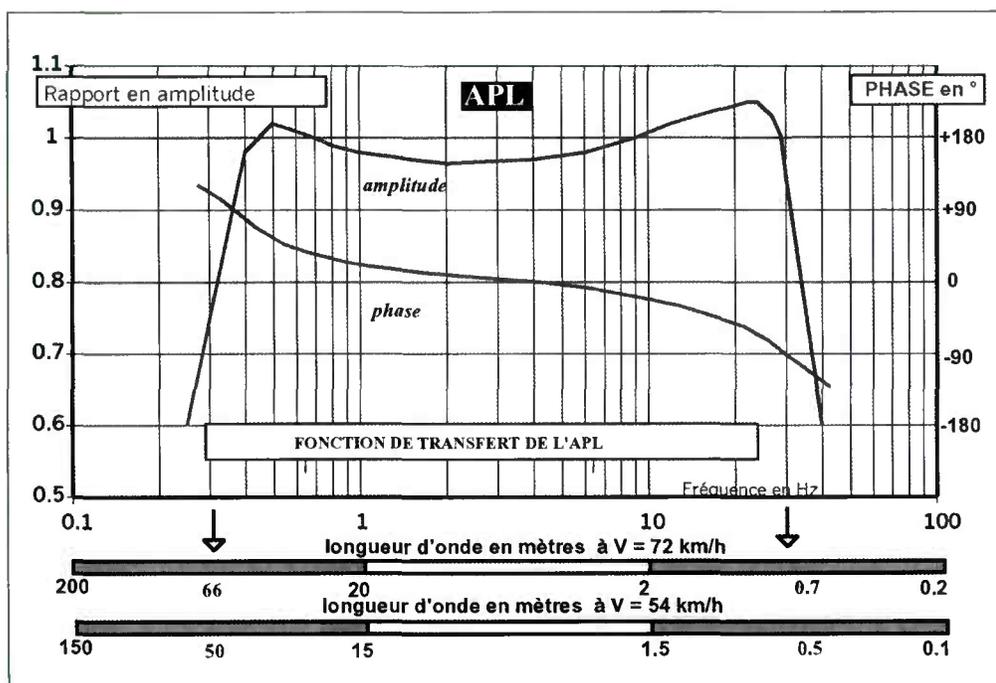


Fig. AM1-4 :

Fonction de transfert de l'APL.

4.2 Traitement des incidents

Les incidents pouvant être traités par l'utilisateur sont les cas 4.1-a (uniquement échange de roue) à 4.1-e.

Tous les incidents indiqués nécessitent une vérification sur les sites locaux de référence.

Dans tous les cas, si après intervention de l'utilisateur de mesure, les résultats d'auto-contrôle sont mauvais, il faudra prévenir le service assurant le service après-vente.

Note importante : compte tenu du rôle important de l'informatique dans le système, il convient de respecter scrupuleusement les configurations des ordinateurs. Toute installation d'une application autre que celle propre au système de mesure doit être évitée ou réalisée sous contrôle du service après-vente.

On évitera de travailler avec des unités «disque dur» dont le coefficient de remplissage est trop important (> 75%).

On prendra également toutes les précautions pour prévenir les contaminations par «virus informatique» (n'utiliser que des disquettes formatées sur l'ordinateur de bord, ne pas laisser de disquette dans le lecteur au moment du démarrage, vérifier l'ordinateur de bord avec un programme anti-virus sur disquette système protégée en écriture et sur laquelle on «boot» pour faire le test).

5. Procédure de contrôle

Depuis 1990 l'ensemble des équipements APL est soumis à une procédure de vérification des caractéristiques instrumentales décrite dans le document Contrôles et essais finals de l'APL [4]. Les principales définitions et conditions d'application de cette procédure sont rappelées ci-après (5.1).

Par ailleurs la Notice d'utilisation des matériels [2] décrit les procédures des vérifications périodiques et systématiques, résumées en 5-2 et 5-3, que doivent appliquer les utilisateurs.

5.1 Contrôle de l'étalonnage et du comportement dynamique

5.1.1 Responsable du contrôle

Le contrôle est effectué soit par des Unités spécialisées du LCPC, soit par un Centre agréé par lui.

5.1.2 Contenu du contrôle

Le contrôle est effectué conformément à la procédure Contrôles et essais finals de l'APL [4].

Le contrôle permet de vérifier les qualités métrologiques de l'ensemble de l'appareillage et de procéder aux modifications de réglage nécessaires.

Le contrôle comporte des essais sur banc de vibration et des essais dans les conditions normales de mise en œuvre sur des sections de routes représentatives de différentes qualités d'uni.

5.1.3 Dossier de contrôle

A chaque opération, il est établi un dossier contenant :

- le Procès Verbal de «contrôle au banc». Celui-ci contient les valeurs relevées et les valeurs typiques des différents paramètres vérifiés.
- le Procès Verbal des «essais route» avec les résultats obtenus par l'équipement et les valeurs moyennes obtenues par l'ensemble du parc APL des Laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées. Il contient également l'identification de l'utilisateur ayant participé aux essais.

Ce document est transmis par le LCPC ou le Centre agréé par lui, à l'établissement responsable de la gestion de l'APL ayant effectué les essais.

Les Procès Verbaux sont archivés par le LCPC.

5.1.4 Périodicité du contrôle

Les «essais route» sont effectués une fois par an et à chaque intervention sur l'APL le justifiant, notamment dans le cas du changement d'un élément sensible du pendule ou du système d'amortissement de la remorque.

Les essais sur banc sont effectués en principe tous les 2 ans. Toutefois si les résultats de mesurages aux essais annuels sur route conduisent à son rejet, l'APL sera contrôlé sur le banc.

La périodicité ainsi définie tient compte d'une utilisation moyenne des équipements APL en service. Dans le cas d'utilisation intensive du matériel c'est le kilométrage qui sera le facteur à prendre en considération et on procédera alors à une vérification sur banc au terme d'un cumul de 30 000 km parcourus.

5.1.5 Centre d'entretien

Un Centre spécialisé agréé par le LCPC assure les dépannages et contribue également à la réalisation des vérifications périodiques. Avant ces vérifications, les gestionnaires des APL doivent faire changer par le Centre, les pièces usées ou défectueuses. Le Centre tient à jour un registre des interventions.

5.2 Vérifications périodiques du bon fonctionnement.

5.2.1 Responsable du contrôle

Chaque organisme possédant un APL mono ou bitrace procède lui même aux vérifications périodiques.

5.2.2 Contenu du contrôle

Le diagramme de la figure AM1-5 définit le contenu et le principe du contrôle.

Le laboratoire effectuera l'auscultation d'au moins 2 sites (section de référence) l'un présentant un uni très bon (note PO de 9 ou 10) et l'autre un uni assez bon à moyen (note PO, MO et GO respectivement 7,8 et 8) et d'une longueur de 1 000 mètres au moins.

L'essai et les traitements sont pratiqués conformément à la présente méthode d'essai.

Dossier de contrôle et enregistrement:

Le dossier sera constitué des feuilles d'essai définies en § 4 de la présente méthode d'essai.

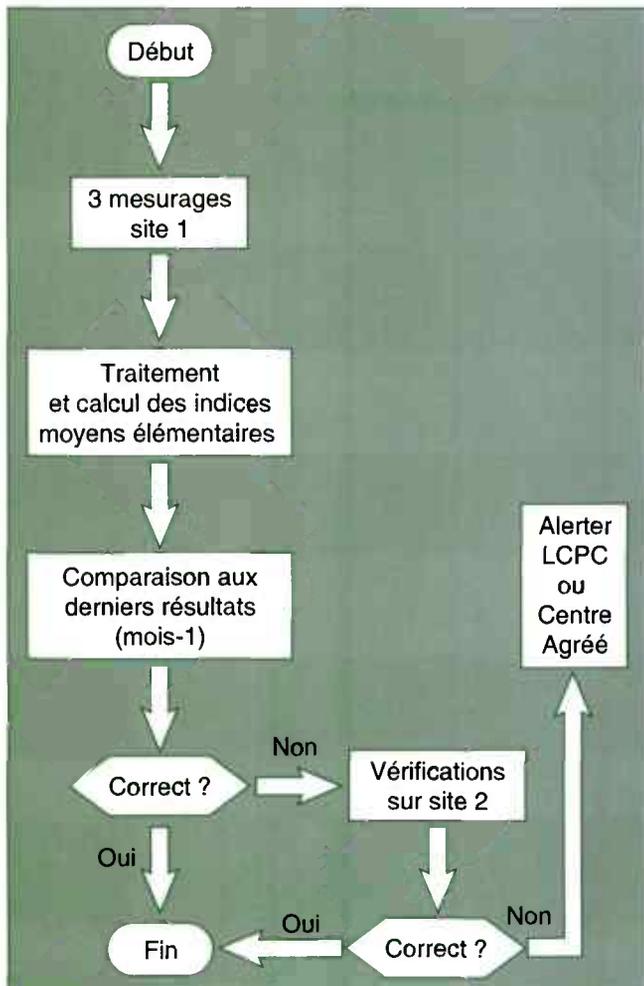
On stockera les résultats (fichiers de mesures, fichiers de traitement et feuilles d'essai) pendant deux ans au moins.

Périodicité de contrôle :

Les essais devront être pratiqués tous les mois environ selon la fréquence d'utilisation et d'une manière générale avant le début d'une campagne d'essai, à l'issue d'un usage intensif, à l'issue du changement d'une pièce d'usure (roue de mesure, pivot à lames croisées etc.) ou au terme d'un dépannage (changement de tout ou partie du système).

Fig. AM1-5 :

Diagramme définissant les vérifications périodiques.



5.3 Vérification systématique avant les mesures

5.3.1 Responsable du contrôle

L'organisme possédant l'APL ou l'utilisateur chargé de le mettre en œuvre.

5.3.2 Contenu du contrôle

Les contrôles et réglages comportent deux séries de vérifications : la première porte sur le signal «profil» (contrôle de la sensibilité à la cale, zéro mécanique et réponse à l'échelon), la seconde est sur l'information distance (étalonnage sur une distance connue).

Ces vérifications sont effectuées conformément au manuel Notice d'utilisation des matériels [2] auquel on se référera.

5.3.3 Dossier de contrôle

Le dossier est constitué de fichiers dits «d'étalonnage». Ces fichiers indispensables pour le fonctionnement, sont:

APL-nnn.ETL fichier de gain et sensibilité.

APL-nnn.RDY fichier de la réponse à l'échelon.

APL-nnn.DIS fichier étalonnage de distance.

où nnn est le N° de la remorque APL

Ces fichiers doivent pouvoir être présentés à toute requête en cas de nécessité.

5.3.4 périodicité de contrôle

La fréquence de contrôle est généralement quotidienne pour ce qui concerne le signal profil. Pour l'étalonnage distance, les contrôles se font tous les 2 000 km environ ou dans le cas d'une intervention sur la roue de mesure. On se reportera au manuel [2] pour plus de détails.

6. Références

[1] Fiche mlpc APL, LCPC, mars 1994

[2] Manuel APL Notice d'utilisation des matériels, LCPC, juillet 1993

[3] Manuel APL Notice d'utilisation des logiciels de traitements, LCPC, juillet 1994

[4] Procédure de contrôles et essais finals de l'APL, LCPC, novembre 1996

Document publié par le LCPC sous le N° 59023401

Dépôt légal 4^e trimestre 2000

ISBN - 2 - 7208 - 4010 - 6

Imprimerie Poly Print

Page laissée blanche intentionnellement

Page laissée blanche intentionnellement

Document disponible sous la référence **D0038**
au prix de **120 F (18,29 €)**



au bureau de vente du SETRA

46, avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France
Téléphone : 01 46 11 31 53 - Télécopie : 01 46 11 33 55
Internet : <http://www.setra.equipement.gouv.fr>



à l'IST-Diffusion - LCPC

58, boulevard Lefebvre - F-75732 PARIS Cedex 15 - France
Téléphone : 01 40 40 52 26 - Télécopie : 01 40 43 54 95
Internet : <http://www.lcpc.fr>