

ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES MESURES DE LA FRICTION ET DE LA TEXTURE

ir. T.A. Bennis & ing. L.B. de Wit
Ministère des Transports, des Travaux Publics et de la Gestion des Eaux
Service des Techniques Routières et Hydrauliques
Boîte Postale 5044, NL-2600 GA Delft, Pays-Bas
Tél. +31 15 2518518, fax +31 15 2518555
e-mail t.bennis@dww.rws.minvenw.nl & l.b.dwit@dww.rws.minvenw.nl

RÉSUMÉ

Cette communication décrit l'état des connaissances en matière de friction et de texture. Après une introduction (paragraphe 1), le paragraphe 2 décrit l'importance de mesures de friction régulières. Le paragraphe 3 évoque ensuite les problèmes liés à l'utilisation courante, comme la comparabilité des différents appareils et l'influence de la température, de la pollution routière et du vieillissement des pneus. Enfin, le paragraphe 4 donnera une catégorisation des appareils de mesure de la friction et de la texture actuellement utilisés dans le monde entier, suivis des derniers développements, comme l'IFI, l'EFI, HERMES, l'étalonnage des appareils et autres nouveaux développements. Cette publication s'achèvera sur des conclusions et des recommandations.

MOTS-CLÉS

CHAUSSÉE / RESISTANCE AU DÉRAPAGE / TEXTURE / MESURE

1. INTRODUCTION

Cette communication présente l'état des connaissances en matière de mesures de la friction et de la texture.

La friction est une propriété importante du revêtement d'une route. Une friction adéquate entre les pneus d'un véhicule et la route est nécessaire à la réalisation des mouvements souhaités (accélération, conduite et freinage). Une friction insuffisante peut causer la perte de contrôle du véhicule, et ainsi provoquer des accidents.

Il est important que les administrations routières s'assurent que les routes ont des propriétés de friction adéquates. Il faut donc effectuer un contrôle régulier des propriétés de friction réelles. Les mesures de friction sont réalisées pour différentes raisons, qui sont décrites au paragraphe 2. Afin de déterminer les niveaux d'intervention, des études de la relation entre la friction et la sécurité de la circulation routière (risque d'accidents liés au manque de friction) ont été réalisées. Comme les propriétés des routes et des automobiles évoluent avec le temps et que certaines études datent de plusieurs décennies, certains pays ont décidé de déterminer très prochainement de nouveaux niveaux d'intervention.

La valeur de la friction réelle mesurée sur une route donnée n'est pas constante dans le temps; elle est influencée par des facteurs externes tels que la température, la pollution routière et le vieillissement des pneus, qui modifient les propriétés de la route ainsi que les conditions de mesure. Ces facteurs seront examinés en détail au paragraphe 3.

Comme la nécessité de mesures de friction n'est pas apparue au même moment dans les différents pays, les appareils et les conditions de mesure ont été élaborés au niveau national. Les différences entre les appareils et les conditions rendent toute comparaison directe impossible. A cause de ces différences, il existe aussi des niveaux d'intervention différents pour chaque pays, pouvant donner lieu à différents niveaux de friction autorisés selon les pays. Un nombre de différentes catégories de types de mesure seront décrit au paragraphe 4.

Au cours des dix dernières années, de nombreux efforts ont été faits pour rendre comparables les résultats des différents appareils. Les nouveaux développements permettant d'augmenter la comparabilité des appareils sont l'expérience internationale de l'AIPCR (qui a mis sur pied un index international de la friction ou IFI), l'harmonisation européenne (EFI), et une étude européenne (HERMES). Ces différentes études (voir paragraphe 5) ont montré que mesurer la macrotexture contribuait à améliorer la comparabilité. Ce type de mesure est traditionnellement effectué à l'aide d'une méthode d'essai à la tache de sable. Au cours des dix dernières années, les appareils (à laser) pouvant mesurer de façon statique ou dynamique la texture (à des vitesses de circulation routière normales) ont eu tendance à remplacer de plus en plus la méthode d'essai à la tache de sable. Les différents types d'appareils (à laser) de mesure de la texture seront également décrits.

Autres nouveaux développements décrits au paragraphe 6:

- La mesure de la courbe de glissement – de friction tout entière, qui donne plus d'informations sur les propriétés de friction d'une route.
- Une étude de la relation entre la friction longitudinale et la friction transversale, particulièrement importante dans les courbes. Une étude hollandaise a montré qu'il existe des situations si l'on a une mauvaise friction transversale mais une bonne friction longitudinale. Dans un tel cas, mesurer uniquement la friction longitudinale ne suffit pas pour s'assurer que la friction nécessaire est bien présente.
- Le remplacement du caoutchouc du pneu (source importante de variation de la friction) par un polymère ou un autre type de caoutchouc présentant moins de variation.
- La mesure de la combinaison de microtexture et de macrotexture (avec un appareil de mesure de la texture) pour remplacer une mesure de friction. La précision croissante des appareils (à laser) de mesure de texture permettra peut-être possible de mesurer la microtexture avec des vitesses de circulation routière normales d'ici quelques années.
- Projets en France et au Royaume-Uni (dans le cadre du projet HERMES) d'élaboration d'un appareil et de revêtements de référence pour réduire la quantité de variation lors des mesures comparatives.

La communication s'achève sur des conclusions et des recommandations (paragraphe 7).

2. POURQUOI MESURER LA FRICTION?

2.1. Généralités

Il est important que les administrations routières s'assurent que les routes ont des propriétés de friction adéquates. Les administrations routières sont responsables des accidents liés à un manque de friction. Un contrôle régulier de la friction réelle est donc nécessaire. Il est habituellement réalisé en contrôlant régulièrement toutes les routes du

réseau, en contrôlant la qualité des nouvelles routes (pour s'assurer que la friction initiale est adéquate) et en réalisant des mesures après les accidents.

2.2. Objectifs des mesures

Gérer le PMS

Un contrôle régulier de toutes les routes du réseau est effectué dans plusieurs pays. Outre la friction, en règle générale, plusieurs autres paramètres sont mesurés, comme l'uni de revêtement longitudinal et transversal ainsi que les dégâts visuels (fissures, effilochage, etc.). Toutes les données relatives aux mesures peuvent être introduites dans le système de gestion des chaussées ou PMS (Pavement Management System). Ce système, basé sur des données historiques et sur des connaissances en matière de détérioration dans le temps, peut prévoir grâce à certains paramètres lorsque les niveaux d'intervention seront franchis. Grâce à ces informations, un programme d'entretien peut être établi.

Contrôler la qualité des nouvelles routes

Pour assurer une friction adéquate pendant toute la durée de vie d'une chaussée, la friction initiale doit être suffisamment élevée. De nombreux pays ont fixé des valeurs de friction minimales pour les nouvelles chaussées. Avant d'être acceptées, les mesures doivent prouver que les normes sont bien respectées.

Les mesures après les accidents

Plusieurs accidents pouvant être liés à un manque de friction peuvent arriver au même endroit d'une route. On peut donc se poser des questions, si le niveau d'intervention relatif à la friction est toujours respecté. Cela peut être une raison pour réaliser des mesures supplémentaires à cet endroit précis. Si la friction est insuffisante, on peut prendre des mesures à court terme pour l'amener à un niveau acceptable.

2.3. Friction et sécurité routière

Un aspect important de l'évaluation de la friction consiste à fixer des niveaux d'intervention. Sans niveaux d'intervention raisonnables, les mesures de la friction sont inutiles. Le moyen le plus pratique de déterminer les niveaux d'intervention consiste à comparer la friction et la sécurité routière. Cela a été réalisé dans certains pays, par exemple au Royaume-Uni et aux Pays-Bas.

Le Royaume-Uni a une longue tradition en matière de recherche sur la relation entre la friction et la sécurité routière (Hosking, 1992). Déjà, en 1956, Giles avait proposé des normes en matière de friction, basée sur quatre catégories de routes. Les conditions requises allaient de 0,6 pour la catégorie A (les sites les plus difficiles) à 0 pour la catégorie D (les sites sûrs), en se basant sur une mesure du SCRIM à 30 miles/h. Les propositions ont été formulées après des études complètes de l'adhérence du pneu à la route lors du freinage et des manœuvres, complétées par des études effectuées sur les lieux où les accidents sont les plus fréquents. Ces recommandations, moyennant quelques changements (parmi lesquels l'omission de la catégorie D), ont été reprises dans un rapport sur l'entretien de la voirie du Comité Marshall du Ministère des Transports en 1970.

En 1970, le Laboratoire de recherche sur les transports et les routes (Transport and Road Research Laboratory) a fait accepter les normes à toutes les parties. Ces normes étaient basées sur les recommandations de Giles et Marshall, mais elles ont été améliorées en intégrant les résultats d'autres recherches. La catégorie A a été divisée en deux catégories: A1 et A2. Pour chaque catégorie, la valeur minimum SFC requise (mesurée à

50 km/h) devait en plus dépendre d'une évaluation des risques, à déterminer localement en fonction du potentiel d'accidents du site. Des recommandations concernant la texture ont également été ajoutées: 2,0 mm pour les nouveaux revêtements en bitume et 0,8 mm pour les nouveaux revêtements en béton. Pour limiter la baisse de friction liée à l'augmentation de la vitesse, l'entretien a été fixé à respectivement 1,0 mm et 0,5 mm.

Les premières normes obligatoires en matière de dérapage pour les routes en service au Royaume-Uni ont été celles publiées par le Département du Transport en 1988 dans le Departmental Standard HD 15/87 et l'Advice Note HA 36/87. Elles s'appliquent aux principales routes en service. Ces normes imposent qu'un tiers du réseau des routes principales soit testé chaque année en matière de résistance au dérapage, et que le réseau routier tout entier le soit sur une période de trois ans. Des niveaux d'intervention basés sur 13 catégories ont été fixés. 11 catégories doivent être mesurées avec le SCRIM à 50 km/h, et 2 catégories (courbes marquées, ronds-points) à 20 km/h.

Aux Pays-Bas, une étude portant sur la sécurité routière a été réalisée à la fin des années soixante (au 20^e siècle). Toutes les données relatives aux accidents pour certaines années ont été analysées. Seuls les accidents liés au manque de friction ont été choisis. Les valeurs de friction sur ces tronçons de route ont été comparées à celles des tronçons de route où aucun accident ne s'était produit. Un niveau d'intervention pour les routes en service a été choisi basé sur la distribution des valeurs de la friction dans les deux groupes. Les niveaux d'acceptation relatifs aux nouvelles routes ont été choisis de façon à ce que le niveau d'intervention ne soit pas franchi au cours de la durée de vie de la chaussée.

Cette étude a été réalisée il y a plusieurs décennies. Depuis lors, la circulation routière a beaucoup changé: il existe de nouveaux types de chaussées, comme celles en asphalte drainant, les routes sont plus fréquentées, les automobiles ont changé (de nombreuses automobiles sont désormais équipées du système antiblocage ABS), et de nouveaux types de pneus sont apparus. Une nouvelle étude sera donc réalisée dans les années à venir.

Dans (Wallman et Åström, 2001) une analyse de régression allemande entre les chiffres de friction et les accidents est décrite, basée sur la proportion des accidents survenus sur route humide. Sur la plupart des tronçons de route, cette proportion varie entre 0% et 50% environ, avec une moyenne de 33%. Si la proportion mesurée sur un tronçon de route particulier dépasse considérablement ces chiffres, cela peut être le signe de mauvaises conditions de sécurité liées au temps humide.

3. PROBLÈMES LIÉS AUX PRATIQUES COURANTES

3.1. L'influence de la température

La température de l'air, de la route et du pneu influence la friction mesurée: la friction décroît lorsque la température augmente. C'est pourquoi certains pays imposent des limites quant à la température de l'air ou la période de l'année pendant laquelle les mesures peuvent être effectuées. On fait parfois la moyenne des valeurs mesurées sur plusieurs mois pour obtenir la valeur estivale moyenne. Autre solution: trouver une relation entre la température et la friction. Dans ce cas, les valeurs mesurées peuvent être corrigées, pour atteindre une température « standard ». Plusieurs études ont montré une forme sinusoïdale de la variation de la friction en l'espace d'une année. La réalisation d'un modèle de correction est en cours (voir paragraphe 3.3).

3.2. Influence de la pollution routière

Au cours de longues périodes de temps sec, le revêtement d'une route peut être pollué de caoutchouc et d'huile. Avec la première pluie qui suivra cette période, le caoutchouc et l'huile se détacheront de la route et la friction sera considérablement réduite, pour tomber à une valeur inférieure à la valeur habituelle pendant la pluie (voir l'exemple dans Figure 1). Si une mesure de la friction humide est faite au cours d'une telle période, les valeurs de friction auront beau représenter la friction réelle, elles ne seront pas représentatives de l'état de la chaussée. L'éventualité de cette influence doit toujours être prise en compte lors des mesures.

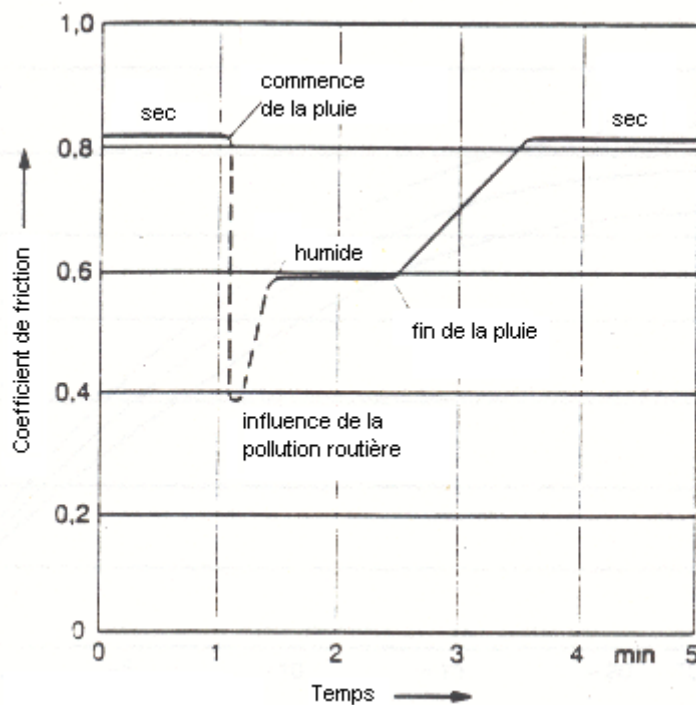


Figure 1 – Influence de la pollution routière sur la friction

3.3. Influence du vieillissement des pneus

Les pneus de mesure sont uniquement fabriqués à la demande des utilisateurs. Leurs coûts de fabrication élevés font qu'ils ne sont fabriqués que tous les cinq ou dix ans, et pour de nombreux utilisateurs. Les pneus sont stockés pendant une longue période. Pendant toutes ces années, la dureté des pneus augmentera à cause de leur vieillissement. Cette dureté plus grande influence la friction mesurée. La Figure 2 montre les différences de friction entre une vieille série de pneus de l'AIPCR (fabriquée en 1990) et une nouvelle série (fabriquée en 1998). Les différences sont dues au vieillissement des pneus et aux légères différences dans la composition du caoutchouc des deux séries. Il faut de toute évidence accorder une attention toute particulière au stockage des pneus et/ou à une correction de la dureté. On peut voir que les différences de friction ne sont pas les mêmes pour tous les types de chaussée.

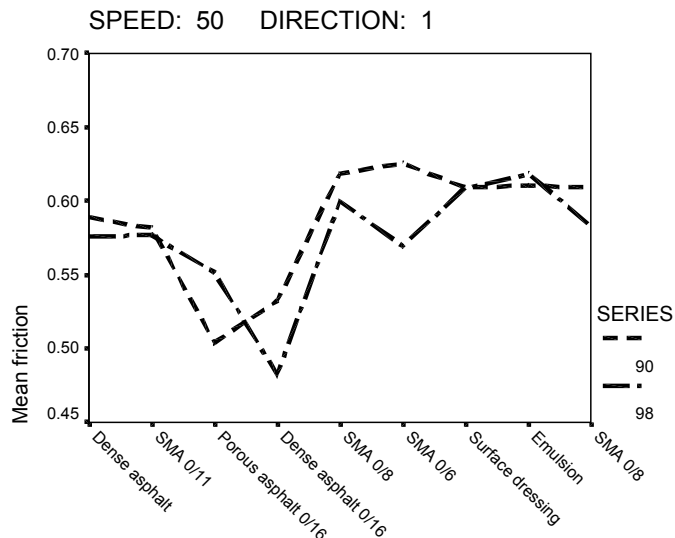


Figure 2 – Les différences de friction entre différentes séries de pneus de l'AIPCR

Une étude hollandaise (Schoen et Bakker, 2001) a montré que les différences entre les pneus et l'influence de la température et de la vitesse pouvaient être décrites à l'aide de la macrotexture de la route, de la dureté et de la température du pneu. Une correction devrait donc dépendre de la macrotexture. L'utilité de ce modèle sera testée très prochainement. Si le résultat est positif, il sera réalisé.

Le comité C1 de l'AIPCR (caractéristiques de surface) examine les problèmes dus au vieillissement des pneus afin d'arriver à une solution uniforme pour l'Europe. La solution comprendra des recommandations à court, moyen et long terme. Les recommandations à court terme comprennent la détermination des corrélations entre les différentes séries de pneus ainsi que l'ébauche d'un document indiquant les propriétés exactes des pneus combinées aux spécifications relatives à leur stockage et à leur utilisation. Les recommandations à moyen terme consistent à regrouper les connaissances en matière de pneus de l'AIPCR et les pneus disponibles dans le commerce ainsi que l'analyse des résultats du test de 1992 entre le pneu de l'AIPCR et le pneu Specialty. Les recommandations à long terme comprennent la réalisation de tests comparatifs entre les pneus de l'AIPCR et les pneus de l'ASTM et entre les pneus de l'AIPCR et les pneus disponibles dans le commerce.

4. SYSTÈMES ACTUELLEMENT UTILISÉS

4.1. Généralités

La nécessité de mesures de friction n'étant pas apparue au même moment dans les différents pays, les appareils et les conditions de mesure ont été élaborés au niveau national. C'est pour cela qu'une gamme très variée d'appareils de mesure a été mise au point. Les différences entre les appareils et les conditions rendent toute comparaison directe impossible.

Une publication de l'AIPCR (AIPCR Inventaire, 1995), donne un aperçu des appareils de mesure utilisés en ce moment. Les appareils de mesure de la friction peuvent être divisés en quatre groupes. Les appareils de mesure de la texture peuvent être divisés en deux groupes d'appareils mobiles et de deux appareils statiques séparés.

4.2. Les appareils de mesure de la friction

Les appareils de mesure de la friction avec force latérale

Ce genre d'appareil utilise une roue placée dans une position formant un angle par rapport à la direction prise par le véhicule. La force exercée sur la roue pour la faire revenir dans la direction prise par le véhicule est mesurée. Ce genre d'appareil mesure donc la friction transversale. Un système très utilisé dans ce groupe est le SCRIM¹ qui mesure à l'aide d'un type de roue spécial (de la marque AVON) placé à un angle de 20° (voir Photo 1).



Photo 1 – SCRIM (Espagne)

Les appareils de mesure de la friction avec roue bloquée

Ce genre d'appareil utilise une roue libre qui est bloquée pendant une courte période. Un freinage d'urgence est ainsi simulé, et la force exercée sur la roue bloquée peut être mesurée. L'inconvénient de cette méthode est que toute mesure continue est impossible: la roue ne peut être bloquée que pendant une courte période pour éviter d'endommager le pneu.

Les appareils de mesure avec glissement fixe

Ce genre d'appareil utilise une roue placée sur la route tout en glissant avec un certain taux de glissement. Le taux de glissement est la différence de vitesse angulaire entre la roue utilisée pour la mesure et une roue roulant libre. Un glissement de 0% signifie une roue roulant libre, tandis qu'un glissement de 100% signifie une roue complètement bloquée. La plupart des appareils de ce type tentent de mesurer la friction maximale, et leurs taux de glissement se situent donc entre 15 et 25%.

Les appareils de mesure de la friction avec glissement multiple

De nouveaux développements en matière de contrôle des mesures ont permis de mettre au point des appareils pouvant mesurer dans différentes conditions, comme un ou plusieurs taux de glissement fixes, roue bloquée et/ou la mesure de la courbe de

¹ Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine

glissement / friction toute entière. Il est clair qu'avec ce type d'appareil, plus d'informations peuvent être obtenues, ce qui présente des avantages pour les projets de recherche. Un exemple de ce genre d'appareil est le ROAR² (voir Photo 2).



Photo 2 – ROAR (Pays-Bas)

4.3. Les appareils de mesure de la texture

Les appareils mobiles basés sur le principe de triangulation par laser

La plupart des appareils mobiles utilisent le principe de triangulation par laser. Un rayon laser est émis perpendiculairement à la route et il est réfléchi sous un certain angle. La lumière réfléchie est reçue par un détecteur de position. Une différence de hauteur est détectée comme une différence de position sur le détecteur de position. Un signal digital correspondant au profil de la texture est ensuite émis.

Les appareils mobiles basés sur la méthode de sectionnement lumineux

De la lumière visible est projetée perpendiculairement à la route. Une caméra, placée à un angle précis, enregistre le profil. Les différences de hauteur apparaîtront comme des différences de position sur les images enregistrées. On obtient ainsi un profil digital, des informations statistiques relatives au profil et des images sur cassette vidéo.

La méthode d'essai à la tache de sable (statique)

Cette méthode de mesure consiste à étaler un volume donné de sable ou de sphères de verre sur la route. Le sable doit être étalé en formant un cercle aussi grand que possible, remplissant la texture de sable. Le diamètre du cercle de sable sert à mesurer la texture.

Outflow Meter (statique)

Un tube est placé plus haut sur la route. Entre l'ouverture du bas du tube et la route se trouve un anneau en caoutchouc avec un certain poids, qui fait la liaison entre le tube et la route. Le tube est rempli d'eau, et le temps que mette le niveau d'eau à diminuer – à passer d'une marque à l'autre – permet de mesurer la capacité d'évacuation de l'eau de la route. Cette mesure se rapporte également à la texture.

² Road Analyser and Recorder

5. COMPARABILITÉ DES DIFFÉRENTS APPAREILS

5.1. Généralités

Comme on peut le voir au paragraphe précédent, il existe de nombreuses différences dans l'équipement utilisé dans le monde entier. Comme la friction dépend de paramètres variables, tels que le taux de glissement, la vitesse de mesure, la charge verticale, le type de pneu (composition du caoutchouc, avec ou sans profile) et de la quantité d'eau entre le pneu et la route, différents types d'appareils ne donneront pas des valeurs de friction comparables. L'influence des paramètres relatifs à la friction est si complexe que la relation entre deux appareils ne peut pas en général être décrite par une simple régression linéaire. C'est pourquoi des études internationales ont été réalisées, pour décrire d'une manière générale la relation entre les différents appareils.

5.2. L'harmonisation internationale (IFI)

En septembre et en octobre 1992 le Comité AIPCR des Caractéristiques de Surface (C1) a organisé une expérience internationale pour comparer et harmoniser la résistance au dérapage et les mesures de texture (AIPCR: Expérience, 1995). L'objectif global de cette expérience était d'harmoniser les nombreuses méthodes de mesure de la friction relatives à la chaussée utilisées par divers pays, dans le monde entier. A cet effet, les objectifs suivants ont été définis:

- développer les relations entre les mesures de la friction et de la texture obtenues avec différents appareils, comme une fonction de la texture, la vitesse, l'angle de glissement, le pneu test, le climat et les matériaux;
- quantifier les relations entre les mesures de la friction et de la texture obtenues avec différents appareils sous certaines conditions bien spécifiées;
- quantifier la répétabilité pour chaque appareil et établir un taux d'échantillonnage requis par chaque appareil;
- développer un index de la friction international (International Friction Index ou IFI) pouvant rapporter par tout équipement.

Que l'on attend de cette expérience:

- les administrations routières et aéroportuaires peuvent se référer à une norme internationale sans devoir remplacer leur méthode de mesure actuelle, leur expérience et leurs données historiques;
- les niveaux d'intervention sont interchangeables;
- les fournisseurs peuvent étendre leur zone de distribution à d'autres pays;
- les entrepreneurs peuvent travailler à l'étranger parce qu'ils peuvent s'adapter aux spécifications basées sur des méthodes de contrôle locales.
- les fabricants d'équipement test peuvent approvisionner des marchés plus larges;
- les chercheurs peuvent acquérir de meilleures connaissances en matière de résistance au dérapage et de sa relation avec la texture.

A partir de cette expérience, un modèle a été développé pour corriger les mesures de friction réalisées avec divers appareils sur les différences de vitesse et de type d'appareil (voir Figure 3).

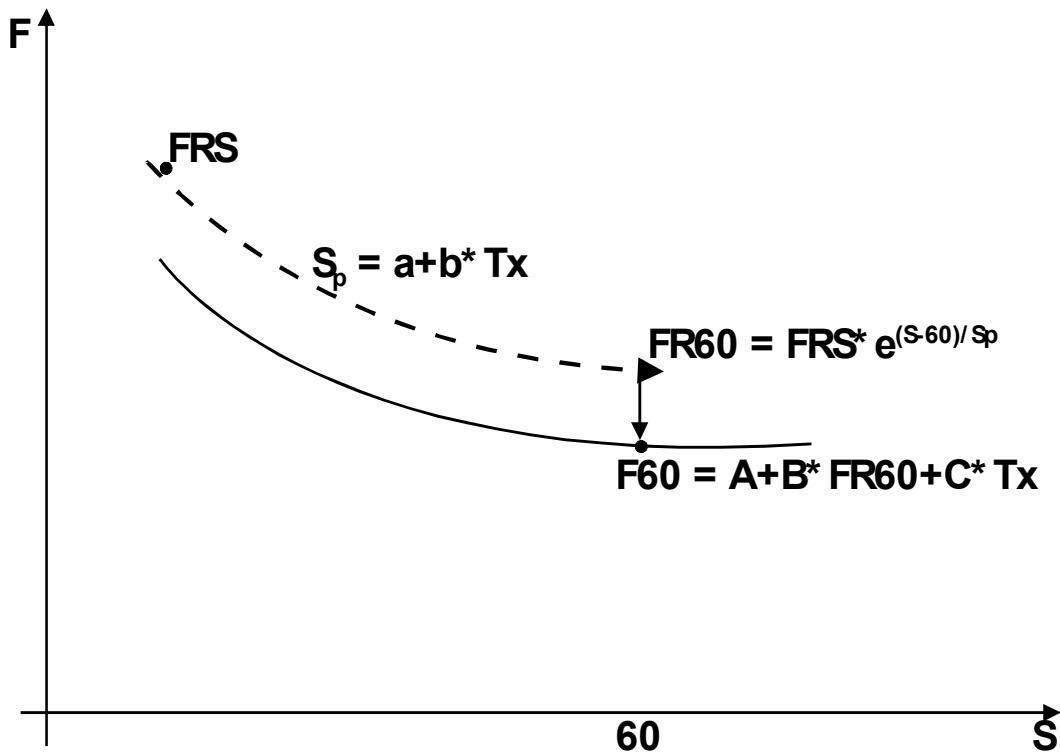


Figure 3 – Calcul de l'IFI

5.3. L'harmonisation européenne (EFI)

Dans un projet de recherche belge (Descornet, 1998), de la recherche pré-normative pour la normalisation européenne a été réalisée. L'étude était basée sur les données de l'expérience de l'AIPCR et des données d'une expérience supplémentaire réalisée en Belgique.

Le premier objectif était d'optimiser les paramètres de la définition de l'IFI et de se concentrer davantage sur les résultats des appareils utilisés en Europe.

Le second objectif était de valider l'extension de l'IFI aux revêtements qui n'étaient pas ou insuffisamment adoptés dans l'expérience de l'AIPCR: l'asphalte drainant, le SMA, les enduits superficiels, etc.

Le dernier objectif était de faire une proposition pour l'étalonnage d'appareils de mesure de la résistance au glissement et de la texture basés sur l'IFI. En déterminant périodiquement des petits sous-ensembles d'appareils, les coefficients des appareils peuvent être garantis. Certains critères doivent être connus pour minimiser le risque de se détacher l'un de l'autre des coefficients des différents sous-ensembles. Une méthode a été proposée au groupe de travail du Comité Technique des Matériaux de la Route du CEN³.

En s'appuyant sur cette analyse, un index européen de la friction (European Friction Index ou EFI) a pu être défini au profit d'une vitesse de référence réduite (30 km/h) qui a réduit au minimum la correction de l'influence de la vitesse et a supprimé le besoin d'un terme de texture séparé pour les appareils avec des pneus profilés.

³ Centre Européen de Normalisation

Avantage principal: l'EFI minimise les différences systématiques des valeurs de la résistance au dérapage des différents appareils et se rapproche ainsi de l'objectif d'harmonisation, mais au prix d'une reproductibilité plus faible qu'entre des appareils du même type.

5.4. HERMES⁴

Les membres du FEHRL⁵ ont tiré la conclusion suivante d'études précédentes: l'utilisation de l'IFI (ou EFI en Europe) n'est pas encore possible à cause de la grande incertitude de ses prévisions et de son manque d'expérience de procédure d'étalonnage proposée. D'où la réalisation d'un exercice d'étalonnage, trois fois jusqu'à fin 2002, dans plusieurs pays européens. L'objectif en est de se familiariser avec la procédure d'étalonnage, de l'adopter si nécessaire et de faire diminuer l'incertitude de ses prévisions en améliorant son modèle.

Le projet étant en cours à l'heure actuelle, il est impossible d'en tirer la moindre conclusion pour l'instant.

5.5. L'étalonnage

Comme nous l'avons montré précédemment, de nombreux facteurs influencent les résultats des mesures. Certains facteurs, comme l'effet de la température, restent identiques lorsque plusieurs appareils d'un certain type réalisent une mesure en même temps. Toutefois, les facteurs liés au pneu utilisé peuvent varier en fonction des appareils. Ainsi, dans certains pays, des mesures d'étalonnage comparative sont réalisées régulièrement, même lorsque les types d'appareil sont les mêmes. Par exemple, aux Pays-Bas, les trois appareils de type remorque DWW sont aussi comparés tous les mois. Au Royaume-Uni, tous les SCRIM sont aussi comparés régulièrement. Les résultats montrent que ces comparaisons ne sont pas inutiles.

Un nouveau type d'étalonnage est l'étalonnage de différents types d'appareils dans toute l'Europe. La procédure proposée est basée sur le modèle de l'EFI (voir paragraphe 5.3). Objectif de cet étalonnage: déterminer les paramètres du modèle de friction, et grâce à cela offrir aux entrepreneurs la possibilité de travailler à l'étranger, tous les appareils pouvant ainsi rapporter une valeur commune.

6. AUTRES RÉCENTS DÉVELOPPEMENTS

6.1. Généralités

Outres les études visant à améliorer la comparabilité des appareils (voir paragraphe 5), il y a également des recherches en cours en vue d'améliorer les mesures de la friction. Ce paragraphe traitera de quelques études intéressantes.

6.2. La mesure de la courbe de glissement / de friction tout entière

Les nouveaux appareils de mesure permettent de mesurer la courbe de glissement / de friction tout entière. Cela nous donne des informations supplémentaires, par exemple sur l'endroit de la valeur maximale et sur le taux entre la valeur maximale et la valeur avec roue bloquée. La forme de la courbe peut beaucoup varier selon les différents types de

⁴ Harmonisation of European Routine and Research Measuring Equipment for Skid Resistance of Roads and Runways

⁵ Forum of European Highway Research Laboratories

chaussée. Il faudrait rassembler davantage de connaissances à ce sujet. Elles pourront ensuite servir à déterminer de meilleurs niveaux d'intervention et à améliorer les modèles de friction.

6.3. La relation entre la friction longitudinale et la friction transversale

Les expériences hollandaises montrent parfois des effets étranges dans les courbes. Il peut arriver que les automobiles perdent le contrôle dans les courbes étroites aux intersections. Toutefois, une mesure de la friction réalisée à l'aide de la remorque DWW (glissement longitudinal de 86%) montre parfois que la friction dépasse le niveau d'intervention. Cela a donné lieu à un projet de recherche (Hogt, 2001), dans lequel des mesures ont été réalisées avec un véhicule avec un pneu test capable de mesurer la friction longitudinale et la friction transversale. Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de relation unique entre la friction longitudinale et la friction transversale. La friction transversale était basse, surtout dans la courbe, et la friction longitudinale était élevée. La friction transversale variait même en fonction de la direction que prenait la roue de mesure en tournant: les valeurs les plus basses ont été mesurées lorsque la roue de mesure était orientée dans la direction de la courbe. Il semblerait donc que mesurer uniquement le glissement longitudinal ne suffise pas.

Il serait souhaitable de continuer cette recherche afin de pouvoir en tirer des conclusions plus sûres, par exemple sur la nécessité de mesurer également la friction transversale.

6.4. Nouveau matériau pour les pneus

Le caoutchouc du pneu de mesure est à la source de nombreuses variations parmi les valeurs de friction mesurées. Le caoutchouc est un matériau très sensible à la température. Au cours de son stockage et de son utilisation, sa dureté peut augmenter à cause du processus de vieillissement. Cela influence également les valeurs de friction mesurées. Aux Pays-Bas, une étude est en cours: elle examine les possibilités d'un autre type de caoutchouc ou un polymère moins sensible à la température et au vieillissement. Si un tel matériau existe, il sera très utile d'en faire un pneu et de réaliser des tests comparatifs.

6.5. Mesure de la friction avec un appareil de texture

La micro- et la macrotecture sont responsables de la quantité de friction entre un pneu et la route. Aussi, s'il est possible de mesurer directement la micro- et la macrotecture, il sera peut-être possible de mettre au point une nouvelle méthode de mesure sans pneu. La texture peut être mesurée à l'aide d'un appareil de mesure de la texture à laser. Toutefois, à l'heure actuelle, mesurer la microtexture à des vitesses normales de circulation routière est impossible. Si une méthode de mesure devenait possible à l'avenir, une expérience serait fort utile.

6.6. Appareil et revêtements de référence

C'est dans le cadre du projet HERMES que des initiatives sont apparues en vue de mettre au point un appareil de référence et de revêtements de référence.

LCPC (France) est en train d'examiner les possibilités de développement d'un appareil de référence qui, le moment venu, pourra remplacer les différents appareils qui existent actuellement en Europe. Le remplacement de différents types d'appareils par un seul type d'appareil permettra évidemment d'accroître la comparabilité des résultats.

TRL (Royaume-Uni) est en train d'explorer les possibilités de revêtements de référence avec des propriétés de friction et de texture ne changeant pas ou peu dans le temps. Si ces revêtements peuvent être construits de façon reproductible, ils peuvent être construits dans toute l'Europe. Cela facilitera l'étalonnage des appareils en Europe, puisque le temps de déplacement sera réduit. Si une construction reproductible n'est pas possible, les revêtements seront construits sur un seul site en Europe. Les avantages d'un revêtement avec des propriétés constantes de friction et de texture seront conservés.

7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- La friction et la texture sont des caractéristiques importantes des revêtements de route qui permettent de maintenir un haut niveau de sécurité routière. La friction tout particulièrement est un important indicateur, mesuré régulièrement et utilisé dans les systèmes de gestion des chaussées (Pavement Management Systems, ou PMS). La plupart des pays ont des valeurs de friction minimales pour les nouvelles routes ainsi que pour les routes en service.
Il est souhaitable de développer des modèles décrivant la détérioration de la friction avec le temps afin de prévoir quand une chaussée a besoin d'être entretenue, permettant ainsi de planifier l'entretien à long terme.
- Dans certains pays, les niveaux d'intervention sont basés sur des études portant sur la relation entre friction et sécurité.
Comme les types de chaussées routières et la circulation routière changent avec le temps, les études de ce type doivent être refaites au bout d'un certain temps.
- Les résultats des mesures sont influencés par de nombreux facteurs, comme la température, la dureté du pneu (liée à l'âge) et pollution routière.
Pour améliorer l'exactitude des mesures, il faut élaborer une formule de correction ou des procédures de mesure.
- On note d'importantes différences entre les différents types d'équipement. Des études d'harmonisation sont réalisées pour améliorer la comparabilité des résultats des mesures. Des indices tels que l'IFI et l'EFI ont été mis sur pied. L'exactitude de ces indices est pourtant encore insuffisante.
Les études d'harmonisation doivent être poursuivies afin d'améliorer les modèles existants et l'exactitude des indices.
- Les appareils de mesure sont sans cesse développés, par exemple la possibilité de mesurer la courbe de glissement / de friction tout entière ou de mesurer la texture avec des vitesses normales de circulation routière.
Les nouveaux développements en matière de technologie de mesure doivent être utilisés pour les mesures de friction, afin d'améliorer les pratiques actuelles de mesure (comme par ex. moins gêner la circulation des autres véhicules) et pour rassembler d'autres données utiles (courbe de glissement / de friction toute entière, friction transversale).

RÉFÉRENCES

AIPCR: Expérience internationale AIPCR de Comparaison et d'Harmonisation des Mesures d'Adhérence et de Texture. Rapport de l'AIPCR. 01.04.T. Paris, 1995.

- AIPCR: Inventaire des Appareils de Mesure des Caractéristiques de Surface des Chaussées. Publication de l'AIPCR. 01.03.B. Paris, 1995.
- Descornet, G.: Proposal for a European standard in relation with the skid resistance of road surfacings. Final report Research contract NO/C3/004. Belgian Road Research Centre, Bruxelles, 1998.
- Hogt, R.M.M.: Verkennend onderzoek naar de relatie tussen stroefheid en lateraal voertuiggedrag. Rapport de TNO 01.OR.VD.034.1/RMH. Delft, 23 novembre 2001.
- Hosking, R.: State-of-the-Art Review 4: Road Aggregates and Skidding. ISBN 0-11-551115-6. HMSO, Londres, 1992.
- ISO 13473-1:1997(E): Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 1: Determination of Mean Profile Depth.
- Oosten, J.J.M. van, Savkoor, A.R. et Burg, T.H. van der: Wrijving tussen rubber en andere (wegdek)materialen. Een literatuurstudie. Rapport de DWW W-DWW-94-529. Delft, 29 mars 1994.
- Schoen, dr. E.D. et Bakker, drs.ing. M.: Correction of Skid Resistance Measurements Obtained under Non-Standard Conditions – Version révisée. Rapport de TNO FSP-RPT-010008. Delft, 27 avril 2001.
- Wallman, Carl-Gustaf et Åström, Henrik: Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety. A literature review. VTI meddelande 911A. Linköping, 2001.