

Description des algorithmes et des calculs de « HPMS » (Highway Performance Monitoring System)

Rapport de recherche réalisé par

Pascale Plamondon

Étudiante au programme de MBA « Modélisation et décision organisationnelle »
Faculté des sciences de l'administration, Université Laval

Dans le cadre du contrat de recherche

« Développement d'un modèle d'analyse pour la planification
des interventions sur les infrastructures routières québécoises »
(projet R401.5+)

Entre

Université Laval
(responsable : P. Lang, professeur)

Et

Ministère des Transports du Québec
Service des orientations stratégiques

Table des matières

<i>Chapitre 1 : Introduction</i>	4
<i>Chapitre 2 : Analyse des besoins</i>	6
Identification des déficiences	9
Analyse des améliorations	10
Simulation d'améliorations	11
Logiques d'améliorations	13
Logique d'amélioration – Infrastructure rurale non-pavée	13
Logique d'amélioration – Infrastructure urbaine non-pavée	13
Logique d'amélioration – Infrastructure rurale pavée	14
Logique d'amélioration – Infrastructure urbaine pavée	16
<i>Chapitre 3 : Analyse des investissements</i>	21
Procédures de rang de priorité	21
Analyse du niveau d'investissement	22
Analyse de période de financement	22
<i>Chapitre 4 : Analyses récapitulatives</i>	23
Analyse de l'index composé	23
Analyse de coût différé	24
Analyse de déficience multiple	24
Analyse d'impact	24
<i>Chapitre 5 : Analytical process applications</i>	30



CANQ
TR
PST
PL
105

Chapitre 1 : Introduction¹

HPMS (Highway Performance Monitoring System) permet de prévoir les conditions des routes et de prendre des décisions à meilleurs coûts et ce, en atteignant les objectifs. Les scénarios, les priorités et les recommandations sont des éléments clés présents à l'intérieur du logiciel.

De manière plus précise, HPMS permet de :

1. Résumer l'état et les performances du système routier pour l'année de base
2. Prévoir les besoins
3. Simuler l'état des routes
4. Analyser les stratégies d'investissement
5. Estimer les coûts pour les usagers.

De plus, HPMS permet de produire plusieurs rapports et des résultats tels que :

1. Le nombre de miles et les coûts par type d'amélioration pour chaque période analysée
2. L'index de valeur composée
3. Le ratio investissement/performance
4. La répartition de l'investissement
5. Le coût pour les usagers
6. La déficience multiple
7. Les coûts d'investissements différés.

Par ailleurs, HPMS permet d'effectuer plusieurs analyses telles que :

1. Analyse des besoins
 - a. Trafic
 - b. Chaussée
 - c. Capacité
 - d. Déficience
 - e. Améliorations
 - f. Coût estimé
 - g. Index composé
2. Analyse des investissements
 - a. Niveau d'investissement
 - b. Période de financement
 - c. Priorité des améliorations
3. Analyse des impacts
 - a. Répartition de la densité du trafic
 - b. Composition du trafic
 - c. Simulation d'opération des véhicules
 - d. Coût pour les usagers

¹ Tous les chapitres du présent document sont tirés du « Technical Manual Vol. II, Ver. 2.1 de Highway Performance Monitoring System Analytical Process, December 1987 ». Pour plus d'information sur les chapitres du présent ouvrage, veuillez vous y référer.

Les types d'analyses présents dans HPMS sont :

1. Analyse de l'année de base (pour comparer avec d'autres années)
 - a. Analyse de l'index composé (moyenne de condition, de sécurité et de service, sur une échelle de 0 à 100)
 - b. Analyse de déficiences multiples (ce qui est sous le seuil tolérable minimum (MTC = Minimum tolerable conditions))
 - i. Condition de la chaussée
 - ii. Géométrie
 - iii. Intersection de route
 - iv. Opérationnel
 - v. Contrôle d'accès
 - c. Analyse d'impact
 - i. Vitesse de circulation moyenne
 - ii. Coûts d'opération du véhicule
 - iii. Consommation d'essence
 - iv. Emissions
 - v. Accidents
2. Analyse investissement/performance
 - a. Analyse des besoins
Se fait par rapport aux MTC. Le « besoin de financement complet » sert à résoudre toutes les déficiences.
 - b. Analyse de l'investissement
Résultats de cette analyse : Type de chaussée et condition, largeur des voies, intersections, ratio volume/capacité (v/c), valeur de l'index composé, miles et circulation, fonds dépensés, fonds disponibles.
 - c. Analyse du niveau d'investissement
7 niveaux d'investissement variant de « total » à « zéro ».
 - d. Analyse de la période de financement (*très utilisé et important au MTQ*)
Les fonds qui vont être investis par année.
3. Analyses récapitulatives
 - a. Analyse de l'index composé
 - b. Analyse de coût différé (échelonné)
 - c. Analyse de déficiences multiples
 - d. Analyse d'impact

Le glossaire aux pages I-4 à I-6 du manuel de HPMS donne la définition de toutes ces analyses ainsi que les principales mesures et définitions utilisées.

Chapitre 2 : Analyse des besoins

Analyse des besoins est composée de 4 étapes distinctes :

1. Identification des déficiences
2. Sélection des améliorations
3. Simulation des améliorations
4. Coûts des améliorations

Les tables II-1 à II-8 du manuel HPMS présentent les valeurs par défaut utilisées pour les paramètres (MTC, standard de design, coûts de construction et coût de passage (« right-of-way »)). Ces valeurs peuvent être changées par l'utilisateur pour représenter les valeurs locales.

- L'analyse des besoins se fait par rapport au MTC (voir les tables II-1 et II-5)
- Les standards de design sont présentés aux tables II-2 et II-6. Si on change ces valeurs, les valeurs de coûts de construction et coût « right-of-way » devraient aussi être changées. Les tables II-17 et II-18 présentent la liste des données changées après un type d'amélioration, lorsqu'une amélioration est simulée.
- Les coûts d'amélioration sont présentés aux tables II-3, II-4, II-7 et II-8. Les coûts présentés dans ces tables sont les coûts par « lane-mile ». Donc, le coût total est calculé en multipliant les coûts montrés dans les tables par le nombre de voies après l'amélioration. La seule exception est pour l'élargissement majeur urbain où la valeur représente le coût par « lane-mile » ajouté.
- Analyse des déficiences :
 - Cette analyse est faite en évaluant une section de route à la fois, dans la période d'analyse.
 - Si la section est sous le seuil MTC, alors il y a présence de déficience.
 - On commence par l'année de base.
 - Si aucune déficience n'est trouvée dans l'année de base, alors le procédé continue dans la période d'analyse jusqu'à ce qu'une déficience soit trouvée ou jusqu'à la fin de la période d'analyse.
 - Si une section est considérée comme déficiente, alors aucune autre déficience ne sera identifiée durant la même période d'analyse (sauf s'il s'agit de déficience de chaussée).
 - Si une déficience de chaussée est trouvée et peut être corrigée avec un resurfage (« overlay »), le cycle d'analyse va continuer durant une autre période pour trouver une déficience plus importante. Si une plus grande déficience est trouvée, alors l'amélioration est déterminée. Sinon, la déficience de la chaussée contrôle l'amélioration qui est simulée. Si une plus grande déficience est trouvée, mais au-delà de la période d'analyse totale, alors aucune amélioration n'est simulée.
- Calculs :
 - Croissance du volume de trafic

Inputs:

$AADT_B$ = Annual average daily traffic de l'année de base

$AADT_F$ = Annual average daily traffic d'une année future préspecifiée

Outputs:

$AADT_C$ = Annual average daily traffic du cycle C

$$AADT_C = AADT_{C-1} \left(\frac{AADT_F}{AADT_B} \right)^{\frac{1}{F-B}}$$

- Détérioration de la chaussée

PSR = taux de condition de la chaussée variant de 0,1 à 5,0.

La formule de la chaussée est en fonction de la flexibilité ou de la rigidité de la chaussée.

Le ESAL (« Equivalent Single Axle Loads ») est utilisé pour estimer le PSR à la fin de l'année d'analyse.

La table II-13 présente les valeurs de ESAL pour les camions.

La table II-10 présente le « load » des voies.

Le modèle utilise SN pour la chaussée flexible et D pour la chaussée rigide afin de déterminer la section de la chaussée. Si des valeurs spécifiques ne sont pas codées, une valeur indiquant « heavy », « medium » ou « light » doit être codée (*voir table II-11*). Si la section de la chaussée est améliorée (et « upgradée ») la valeur de cette table est utilisée pour représenter la section « upgradée » lorsqu'une simulation a lieu.

Chaussée Flexible :

Calcul de l'ESAL initial :

Inputs :

$SN =$

PSR_I = PSR au début de l'année d'analyse

Output :

$ESAL_I$ = Total equivalent single axle load applications at the beginning of analysis year.

Calcul :

$$SNA = SN + \left(\frac{6}{SN} \right)^{0,5}$$

$$XA = 9,36 \times \log_{10}(SNA) - 0,2$$

$$XB = 0,4 + \frac{1094}{SNA^{5,19}}$$

$$XG = \log_{10} \frac{5 - PSR_I}{3,5}$$

$$LOGELA = XA + XG / XB$$

$$ESAL_I = 10^{LOGELA}$$

Prédiction du PSR à la fin de l'année d'analyse (PSR_F) :

Inputs² :

$ESAL_F$ = Total equivalent single axle load applications to end of analysis year.

Calcul :

XA et XB sont définis ci-dessus

$$XG = XB \times (\log_{10}(ESAL_F) - XA)$$

$$PSR_F = 5 - 3,5 \times 10^{XG}$$

Chaussée Rigide :

Calcul de l'ESAL initial :

Inputs :

$D =$

PSR_I = PSR au début de l'année d'analyse

Output :

$ESAL_I$ = Total equivalent single axle load applications at the beginning of analysis year.

² Probablement calculé à partir de PSR_I , du facteur de détérioration par camion (Table II-13), des statistiques de circulation (AADT) et des proportions de camions dans le total des véhicules.

Calcul :

$$AX = 7,35 \times \log_{10}(D+1) - 0,06$$

$$BX = 1 + \frac{16240000}{(D+1)^{8,46}}$$

$$GX = \log_{10} \frac{5 - PSR_I}{3,5}$$

$$LOGELA = AX + GX / BX$$

$$ESAL_I = 10^{LOGELA}$$

Prédiction du PSR à la fin de l'année d'analyse (PSR_F) :

Inputs³ :

$ESAL_F$ = Total equivalent single axle load applications to end of analysis year.

Calcul :

AX et BX sont définis ci-dessus

$$GX = BX \times (\log_{10}(ESAL_F) - AX)$$

$$PSR_F = 5 - 3,5 \times 10^{GX}$$

Voir figures II-1 et II-2 du manuel HPMS pour des exemples de chaussée avec différentes valeurs de SN et D.

La table II-12 est utilisée pour déterminer le taux de détérioration minimum.

Identification des déficiences

- Routes non-pavées en milieu rural et urbain
 - Déficience sur la largeur des voies (par rapport au MTC)
 - Déficience sur le type de surface (par rapport au MTC)
- Routes pavées en milieu rural
 - Déficience de la capacité

Si la ratio v/c est plus grand que le MTC, alors il y a de la déficience dans l'année d'analyse et dans l'année de design.

³ Probablement calculé à partir de PSR_I , du facteur de détérioration par camion (Table II-13), des statistiques de circulation (AADT) et des proportions de camions dans le total des véhicules.

Calcul de v/c :

$$v/c = (\text{AADT} \times \text{Facteur K} \times \text{Facteur D}) / \text{Capacité}$$

Où :

v/c = Ratio volume / capacité

AADT = Annual average daily traffic

Facteur K = Design hour volume / AADT

Facteur D = Facteur directionnel

- Déficience sur la largeur des voies (par rapport au MTC)
- Déficience de chaussée (lorsque le PSR est plus petit que le MTC, alors il y a présence de déficience)
- Déficience de l'alignement (par rapport au MTC)
- Route pavée en milieu urbain
 - Déficience de la capacité (même calcul que ci-dessus)
 - Déficience de largeur des voies (par rapport au MTC)
 - Déficience de condition de la chaussée (si le PSR est plus petit que le MTC, alors il y a de la déficience)

Pour les PSR, voir table II-15 du manuel HPMS.

Ces déficiences sont en ordre d'importance. Si une déficience de capacité est identifiée, une certaine logique commence. Si il n'y a pas de déficience de capacité dans l'année d'analyse, une déficience de chaussée est alors regardée pour la section. Si la déficience est identifiée et si la section est rurale, l'analyse regarde alors pour une déficience d'alignement. Une déficience d'alignement est reconnue seulement quand une déficience de capacité ou de chaussée est également présente. Si il n'y a pas de déficience majeure identifiée, le procédé retourne à la logique d'identification de déficience et continue à faire un cycle à travers la période d'analyse jusqu'à ce qu'une déficience soit trouvée ou jusqu'à la fin de la période. Si il n'y a pas de déficience, alors il n'y a pas d'amélioration.

Le résumé des déficiences se retrouve à la page II-21 du manuel HPMS.

Analyse des améliorations

Le modèle des besoins sélectionne des améliorations pour corriger des déficiences. Il y a 3 améliorations possibles :

1. Reconstruction
 - a. Reconstruction à autoroute
 - b. Reconstruction avec plus de voies
 - c. Reconstruction avec plus de voies et avec élargissement
 - d. Reconstruction de la chaussée

- e. Reconstruction de la chaussée avec amélioration de l'alignement (seulement en milieu rural)
- 2. Élargissement
 - a. Majeur (Ajout de nouvelles voies)
 - b. Mineur (Pas d'ajout de nouvelles voies)
- 3. Resurfacement
 - a. Resurfacement et amélioration de l'accotement
 - b. Resurfacement
 - c. Resurfacement et amélioration de l'accotement et de l'alignement
 - d. Resurfacement et amélioration de l'alignement

Simulation d'améliorations

Les valeurs de v/c et « peak hour » sont recalculées.

Voir annexe A pour tous les calculs du manuel HPMS ainsi que les tables II-17 et II-18.

Si les standards de design ont changé significativement après que les coûts ont été établis, les coûts doivent être changés pour refléter les changements de standards de design. Ceci n'est pas fait automatiquement.

Les coûts sont données aux tables II-3, II-4, II-7 et II-8 du manuel HPMS.

Les coûts ruraux sont listés par système fonctionnel et par type de terrain.
Les coûts urbains sont listés par type de design et par catégorie de développement.

Calcul de l'index composé

Σ condition, sécurité, service

Varie entre 0 (très loin des MTC) et 100 (atteint tous les standards de design).

Logique de sélection du type d'amélioration

La logique de sélection du type d'amélioration est basée sur :

- 1. Le type de routes
- 2. Le type ou la combinaison de déficiences
- 3. La faisabilité ou l'infaisabilité de l'élargissement
- 4. La comparaison des données avec les standards de design

Les tables II-19 à II-26 du manuel HPMS expliquent la logique et démontre quelle combinaison de conditions se combine avec quels types d'améliorations.

➤ Un besoin de voies additionnelles existe si

1. Une déficience de capacité existe
2. Les voies existantes n'accommoderont pas le voyage projeté pour l'année de design (AADT de l'année de design).

Pour déterminer si des voies additionnelles sont requises, le modèle regarde les deux conditions. Les designs de largeur de voies, de largeur d'accotement et la vitesse moyenne sont utilisés pour cette démarche. Si les valeurs existantes sont plus grandes que les standards de design, les valeurs existantes sont alors utilisées. Si le ratio v/c n'atteint pas le MTC, alors le nombre de voies existantes ne sera pas adéquat dans l'année de design.

Calcul du nombre de voies requises

- Sans voies multiples
$$\frac{\text{AADT de l'année de design} \times \text{Facteur K}}{\text{Capacité de design par voie}}$$
- Avec voies multiples
$$\frac{2 \times \text{AADT de l'année de design} \times \text{Facteur K} \times \text{Facteur D}}{\text{Capacité de design par voie}}$$

Où Facteur K = AADT / Volume par heure de design
Facteur D = Facteur directionnel

Le nombre de voies à ajouter est égale aux nombre de voies requises moins le nombre de voies existantes. Le nombre de voies ne doit pas dépasser la limite établie par le code de capacité d'élargissement et ne doit pas dépasser le nombre maximal de voies.

➤ Besoins de voies additionnelles dans l'année de design

Peut survenir même s'il n'y a pas de déficience de capacité.

➤ Des voies peuvent être ajoutées

Le code d'élargissement suivant doit correspondre avec un nombre pair de voies et doit respecter le nombre maximum de voies autorisées :

- (1) : Pas d'élargissement
- (2) : Élargissement moins qu'une voie
- (3) : Une voie additionnelle
- (4) : 2 voies additionnelles
- (5) : Plus de 2 voies additionnelles

➤ L'élargissement est possible

Moins qu'une voie.

- Pas besoin de voies additionnelles ou ne peuvent pas être ajoutées.

Une condition parmi les 2 suivantes doit être remplie :

1. La logique a déterminé que des voies additionnelles ne sont pas nécessaires.
2. La logique a déterminé que des voies additionnelles sont nécessaires, mais à cause des contraintes d'élargissement, aucune voie ne sera ajoutée (soit que l'élargissement n'est pas faisable ou que le maximum de voies permises est déjà atteint).

- Reconstruction PSR (Present Servicibility Rating)

Voir la définition à la page II-26 du manuel HPMS.

- « Look-Ahead Feature »

Si un resurfaçage est nécessaire, alors le système fait des cycles dans le futur pour déterminer si une déficience plus grande est prévisible dans le futur. Si oui, UNE amélioration va être faite pour réparer les DEUX déficiences.

Logiques d'améliorations

Logique d'amélioration – Infrastructure rurale non-pavée

- Reconstruction avec des voies plus larges

Quand il y a une déficience au niveau de la largeur des voies ou de la surface et que l'élargissement est faisable, alors cette amélioration est sélectionnée.

- Reconstruction de la chaussée

Lorsqu'il y a une déficience sur le type de surface.

Logique d'amélioration – Infrastructure urbaine non-pavée

- Reconstruction avec voies plus larges

Quand il y a une déficience au niveau de la largeur des voies et que l'élargissement est faisable, alors cette amélioration est sélectionnée.

- Reconstruction de la chaussée

Lorsqu'il y a déficience sur le type de surface.

Logique d'amélioration – Infrastructure rurale pavée

- Déficience reliée à la capacité

Ajout ou élargissement de voies.

Une reconstruction a lieu si l'alignement est intolérable, le PSR de la section est plus petit que le PSR de reconstruction ou si le type de surface est intolérable et ne peut pas être recouvert (« overlaid »). Si une surface de type bas rencontre le MTC, il peut être « overlaid » et rester un type bas.

- Si l'élargissement n'est pas contraint

Reconstruction à autoroute

Lorsque l'AADT est plus grand que le contrôle d'accès garantie. Soit que des voies additionnelles sont nécessaires ou que la condition de la chaussée garantie la reconstruction.

Reconstruction avec plus de voies

Quand des voies additionnelles sont nécessaires et que la condition de la chaussée garantie la reconstruction ou que l'alignement est déficient.

Reconstruction avec des voies plus larges

Quand la condition de la chaussée garantie la reconstruction ou que l'alignement est déficient et que la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC.

Élargissement majeur

Quand des voies additionnelles sont nécessaires.

Élargissement mineur

Quand la largeur de la voie est plus petit que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC.

- Si des voies additionnelles ne peuvent pas être ajoutées ou ne sont pas nécessaires

Reconstruction avec des voies plus larges

Quand l'élargissement est faisable et que la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC.

Reconstruction de la chaussée

Quand l'élargissement n'est pas faisable et que la condition de la chaussée garantie la reconstruction.

Reconstruction de la chaussée avec améliorations sur l'alignement

Quand l'élargissement n'est pas faisable, que la condition de la chaussée garantie la reconstruction et que l'alignement horizontale ou verticale est déficiente.

Élargissement mineur

Quand l'élargissement est faisable. Quand la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC.

Resurfacement avec amélioration d'alignement et d'accotement

Quand l'élargissement n'est pas faisable, mais l'alignement horizontale ou verticale est déficiente, la condition de la chaussée est plus petite que le MTC et que la largeur ou le type de l'accotement est déficient.

Resurfacement avec amélioration d'alignement

Quand l'élargissement n'est pas faisable, mais l'alignement horizontale ou verticale est déficient et la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

Resurfacement avec amélioration d'accotement

Quand l'élargissement n'est pas faisable, mais la condition de la chaussée est plus petite que le MTC et que la largeur ou le type de l'accotement est déficient.

Resurfacement

Quand l'élargissement n'est pas faisable, mais la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

➤ Déficiência de la chaussée

- Si la reconstruction est garantie

Reconstruction avec plus de voies

Quand des voies additionnelles sont nécessaires dans l'année de design (et que des voies peuvent être ajoutées).

Reconstruction avec des voies plus larges

Quand des voies ne sont pas nécessaires ou ne peuvent pas être ajoutées. Ce moyen sera sélectionné si l'élargissement est faisable et soit que la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou soit que l'accotement droit plus petit que le MTC.

Reconstruction de la chaussée

Quand l'élargissement n'est pas nécessaire ou non faisable.

Reconstruction de la chaussée avec amélioration de l'alignement

Quand l'élargissement n'est pas nécessaire ou pas faisable et que l'alignement est déficient.

- Si la reconstruction n'est pas garantie

Resurfacement avec amélioration de l'accotement

Quand la reconstruction n'est pas garantie mais que la largeur ou le type d'accotement est déficient. L'élargissement n'est pas nécessaire ou pas faisable.

Resurfacement

Quand la reconstruction n'est pas garantie et que l'élargissement n'est pas nécessaire ou pas faisable.

Resurfacement avec amélioration de l'accotement et de l'alignement

Quand l'alignement est déficient et que la largeur additionnel n'est pas nécessaire ou ne peut être ajouté et que le type ou la largeur de l'accotement est déficient.

Resurfacement avec amélioration de l'alignement

Quand l'alignement est déficient et que la largeur additionnelle n'est pas nécessaire ou ne peut être ajoutée et que la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

Logique d'amélioration – Infrastructure urbaine pavée

➤ Autoroutes par types de design

- Déficience de capacité

Si le ratio v/c est déficient dans l'année d'analyse et l'année de design.

Le système regarde si la largeur de voie est plus petite que le MTC. Il regarde aussi si le nombre de voies peut accommoder les standards de design complets. Si oui, des voies additionnelles ne sont pas nécessaires. Les standards de design sont la largeur de l'accotement droite et gauche, vitesse moyenne et la largeur des voies.

Si condition de la chaussée est plus grande que le reconstruction PSR ou que le type de surface est intolérable et ne peut être recouvert, il y a alors une reconstruction. Une surface ne peut être recouverte si c'est une chaussée de type « bas » et que le MTC requiert un type de chaussée « intermédiaire » ou « haut ».

Si le nombre de voies est suffisant pour l'AADT, alors le système regarde la faisabilité d'élargissement. Si ce n'est pas faisable, le type d'amélioration reflétera cette contrainte.

Si le nombre de voies n'est pas suffisant, alors le système regarde si l'ajout de voies est possible. Le système doit donner un nombre pair de voies. Si l'ajout de voies est impossible, il y aura un élargissement, si faisable.

- Si la reconstruction est garantie (la condition de la chaussée est plus petite que le PSR)

Reconstruction avec plus de voies

Quand des voies additionnelles sont nécessaires et peuvent être ajoutées.

Reconstruction avec des voies plus larges

Quand des voies additionnelles ne sont pas nécessaires ou ne peuvent pas être ajoutées, cette amélioration est considérée. Si l'élargissement est faisable et que la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC, alors cette amélioration est choisie.

Reconstruction de la chaussée

Si l'élargissement n'est pas faisable ou si la largeur de la voie rencontre la largeur de standard de design et que l'accotement droit rencontre le MTC, alors cette amélioration est choisie.

- Si la reconstruction n'est pas garantie (PSR plus élevé)

Élargissement majeur

Voies additionnelles sont nécessaires et peuvent être ajoutées.

Élargissement mineur

Lorsque des voies additionnelles ne sont pas nécessaires ou ne peuvent pas être ajoutées. De plus, si l'élargissement est faisable et la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC, cette amélioration est choisie.

Resurfaçage avec amélioration d'accotement

Quand l'élargissement n'est pas faisable, la condition de la chaussée est plus petite que le MTC et que le type d'accotement ou la largeur de l'accotement est déficient, cette amélioration est choisie.

Resurfaçage

Quand l'élargissement n'est pas faisable, mais la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

- Déficience de chaussée

Il n'y a pas de déficience de capacité.

- Si la reconstruction est garantie

Reconstruction avec plus de voies

Quand des voies additionnelles sont nécessaires et peuvent être ajoutées.

Reconstruction avec voies plus larges

Quand des voies additionnelles sont nécessaires mais ne peuvent pas être ajoutées, cette amélioration est considérée. De plus, si l'élargissement est faisable et que la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC, cette amélioration est choisie.

Reconstruction de la chaussée

Quand l'élargissement n'est pas faisable ou nécessaire.

- Si la reconstruction n'est pas garantie

Élargissement majeur

Lorsque des voies additionnelles sont nécessaires et peuvent être ajoutées (« in cycling ahead »).

Élargissement mineur

Lorsque des voies additionnelles sont nécessaires mais ne peuvent pas être ajoutées (« in cycling ahead »). De plus, si l'élargissement est faisable et la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design, cette amélioration est choisie.

Resurfaçage avec amélioration d'accotement

Quand l'élargissement n'est pas faisable ou pas nécessaire et que le type d'accotement ou la largeur de l'accotement est déficient.

Resurfaçage

Quand l'élargissement n'est pas faisable ou pas nécessaire.

➤ Autoroutes ne rencontrant pas les standards de design

- Déficience de capacité

Reconstruction à autoroute

Quand élargissement suffisante est faisable. L'autoroute doit ne doit pas être restreinte à moins de 4 voies avec une médiane.

Reconstruction avec des voies plus larges

Quand des voies additionnelles ne sont pas nécessaires ou ne peuvent pas être ajoutées mais que la condition de la chaussée garantie la reconstruction et la

largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC.

Reconstruction de la chaussée

Quand l'élargissement n'est pas faisable mais que la condition de la chaussée garantie la reconstruction.

Élargissement mineur

Quand des voies additionnelles ne sont pas nécessaires ou ne peuvent pas être ajoutées et que la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC.

Resurfacement avec amélioration d'accotement

Quand l'élargissement n'est pas faisable mais la condition de la chaussée est plus petite que le MTC ou le type ou la largeur de l'accotement est déficient.

Resurfacement

Quand l'élargissement n'est pas faisable mais la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

- Déficience de chaussée

Reconstruction à autoroute

Quand l'élargissement suffisante est faisable et la condition de la chaussée garantie la reconstruction. L'autoroute doit être divisée avec au moins 4 voies.

Reconstruction avec des voies plus larges

Quand des voies additionnelles ne sont pas nécessaires ou ne peuvent pas être ajoutées et la condition de la chaussée garantie la reconstruction, cette amélioration est considérée. Lorsque la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC, cette amélioration est choisie.

Reconstruction de la chaussée

Quand l'élargissement n'est pas faisable ou pas nécessaire mais que la condition de la chaussée garantie la reconstruction.

Resurfacement avec amélioration d'accotement

Quand la condition de la chaussée est plus petite que le MTC ou le type ou la largeur de l'accotement est déficient.

Resurfacement

Quand la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

- Chemins en milieu urbain

- Déficience de capacité

Deux actions sont possibles : l'élargissement ou la reconstruction.

Le système regarde si la reconstruction est nécessaire. Si la condition de la chaussée est plus petite que le PSR ou le type de surface est intolérable ou ne peut pas être recouvert (« overlaid »), alors la reconstruction est garantie.

Le système regarde si des voies additionnelles sont nécessaires ainsi que l'élargissement ou le nombre de voies maximales. Il regarde aussi si les voies actuelles sont correctes pour le AADT.

- Si la reconstruction est garantie

Reconstruction avec plus de voies

Quand des voies additionnelles sont nécessaires et peuvent être ajoutées.

Reconstruction avec voies plus larges

Quand des voies additionnelles sont nécessaires mais ne peuvent pas être ajoutées (l'élargissement est faisable) ou que la largeur de la voie est déficiente. Si la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC, cette amélioration est choisie.

Reconstruction de la chaussée

Quand l'élargissement n'est pas nécessaire ou pas faisable.

- Si la reconstruction n'est pas garantie

Élargissement majeur

Quand des voies additionnelles sont nécessaires et peuvent être ajoutées.

Élargissement mineur

Quand des voies additionnelles ne sont pas nécessaires ou ne peuvent pas être ajoutées et que la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petite que le MTC, alors cette amélioration est choisie.

Resurfage avec amélioration d'accotement

Quand l'élargissement n'est pas faisable, cette amélioration est considérée. Lorsque la condition de la chaussée est plus petite que le MTC et type d'accotement ou la largeur de l'accotement est déficient, cette amélioration est choisie.

Resurfage

Quand l'élargissement n'est pas faisable. Cette amélioration est choisie lorsque la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

- Déficience de chaussée

Deux actions possibles : resurfaçage ou reconstruction.

Si la condition de la chaussée est plus petite que le PSR, alors il y a reconstruction.

Voir la logique et les formules à la page II-34 du manuel HPMS.

- Si la reconstruction est garantie, on choisit le type suivant, si la condition sous-jacente est remplie.

Reconstruction avec plus de voies

Quand des voies additionnelles sont nécessaires et peuvent être ajoutées.

Reconstruction avec des voies plus larges

Quand des voies additionnelles sont nécessaires mais ne peuvent pas être ajoutées (élargissement est faisable) ou la largeur de la voie est déficiente, cette amélioration est considérée. Lorsque la largeur de la voie est plus petite que la largeur de standard de design ou que l'accotement droit est plus petit que le MTC, cette amélioration est choisie.

Reconstruction de la chaussée

Quand l'élargissement n'est pas nécessaire ou pas faisable.

- Si la reconstruction n'est pas garantie

Resurfaçage avec amélioration de l'accotement

Quand la condition de la chaussée est plus petite que le MTC et type d'accotement ou largeur de l'accotement est déficient, cette amélioration est choisie.

Resurfaçage

Quand la condition de la chaussée est plus petite que le MTC.

Voir les tables II-19 à II-26 du manuel HPMS.

L'explication des crochets et des « x » pour ces tables est donné dans le bas de la page II-35. Chapitre 3 : Analyse des investissements

Procédures de rang de priorité

1. Index de coût/efficacité (ordre descendant) (CEI)

$$CEI = (IMPCI - UNPCI) * IMPYADT * \text{Largeur de la section/coût de l'amélioration}$$

Où :

IMPCI : « The composite index of the improved section at the end of the analysis period. »

UNPCI: « The composite index of the unimproved section at the end of the analysis period. »

IMPYADT = AADT dans l'année d'amélioration.

Largeur de la section = « The coded unexpended length of the section. »

Coût d'amélioration = « The construction and right-of-way costs of the improvement, for the unexpanded section length. »

2. Index composé de l'année de base (ordre ascendant)

Sera expliqué au chapitre IV.

3. Combinaison de l'index coût/efficacité et l'index composé de l'année de base.

L'utilisateur utilise un pourcentage d'utilisation de chaque index (Ex. 65%, 35%).

4. N'importe quel index de l'année de base (ordre ascendant)

Analyse du niveau d'investissement

Il y a 7 niveaux d'investissement en pourcentage de l'investissement complet des besoins : 100, 80, 70, 60, 40, 10 et 0. Le pourcentage d'investissement est alloué aux améliorations ayant le plus d'importance. Le résultat de cette analyse fournit les miles et les coûts de chaque type d'améliorations. (*La table III-2 montre un exemple de ce type de résultat*).

Toutes les améliorations sont simulées dans l'année où la déficience est identifiée. Par la suite, s'il y a beaucoup de « backlog », une bonne partie de l'investissement y sera accordée.

Seulement qu'une période d'analyse est utilisée, seulement qu'une série de déficiences est identifiée pour chaque section et seulement une amélioration est sélectionnée.

Analyse de période de financement

Jusqu'à 4 périodes de financement peuvent être utilisées.

Voir les tables III-2, III-3, III-4 et III-5 du manuel HPMS pour les résultats de cette analyse.

Chapitre 4 : Analyses récapitulatives

Quatre types d'analyse sont présentés dans ce chapitre :

1. Analyse de l'index composé
2. Analyse de coûts différés
3. Analyse de déficience multiple
4. Analyse d'impact

Analyse de l'index composée

Varie entre 0 (très en-dessous du MTC) et 100 (parfait).

Se définit comme : $\sum$ condition, sécurité, service (voir les tables IV-1 et IV-2).

Chaque composante peut avoir un poids différent, mais le maximum est égale à 100.

Condition :

1. Type de chaussée
2. Condition de la chaussée (PSR)
3. Drainage adéquat

Sécurité :

1. Largeur des voies
2. Largeur de l'accotement
3. Largeur médiane
4. Alignement adéquat (rural seulement)

Service :

1. Ratio v/c
2. Contrôle d'accès

Si le poids du service est de 30, alors le ratio v/c plus le contrôle d'accès est égale à 30. Le même principe est suivie pour la sécurité et la condition.

Un « appraisal rate » (évaluation sur une échelle normalisée) est assigné à chaque item pour déterminer l'index composé. Ce taux varie entre 0,00 et 1,00. Un taux de 0,70 rencontre le MTC (voir les tables IV-3 et IV-4). Le « appraisal rate » est multiplié par le poids du facteur. Ces valeurs sont additionnées (pour chaque item) afin de donner l'index composé (un exemple de calcul est donné au milieu de la page IV-2). Deux types de résultat existent pour l'index composée (voir les tables IV-5 et IV-6). Elles peuvent être produites pour l'analyse de l'année de base et pour le type de période de fond.

Analyse de coût différé

Si il y a une trop longue attente avant d'effectuer une réparation, le coût de cette dernière sera plus élevé (*voir table IV-7*). Le système procure une comparaison entre l'amélioration initiale et finale. Il est à noter que l'inflation n'est pas considérée.

Analyse de déficience multiple

Le résultat de cette analyse peut être donné en année de base et en année cible pour l'analyse de période de financement (afin de faire une comparaison).

Cinq types de déficience existent:

1. Condition de la chaussée
2. Géométrie (en milieu rural seulement) (utilise l'alignement horizontal et vertical)
3. « Roadway cross section » (utilise la largeur des voies et la largeur de l'accotement droit)
4. Opérationnelle (utilise ratio v/c)
5. Contrôle d'accès

Le système effectue une comparaison avec le MTC pour trouver les déficiences.

Un exemple de résultat est donné à la table IV-8 du manuel HPMS.

Analyse d'impact

La performance du véhicule (peut être faite avec l'année de base ou l'année cible) inclut les éléments suivants:

- Vitesse moyenne de voyage
- Coûts d'opération
- Consommation d'essence
- Émissions
- Accidents

Plusieurs caractéristiques affectent la performance du véhicule (chaussée, trafic, etc.). Les simulations de performance se font avec différents moments de la journée, différentes charges de trafic, etc.

Voir les définitions à la page IV-22 du manuel HPMS.

La distribution du volume de trafic se fait à partir d'une journée de 24 heures qui est divisée en période discrète avec un différent niveau de congestion (maximum de 12).

La mesure de congestion = $AADT / \text{ratio de capacité}$ (*voir annexe M*)

Voir la table IV-20 pour la distribution des types de véhicule (7 types dont 4 types de camions (sont donc plus lourds)).

➤ Vitesse moyenne de voyage

- Vitesse de roulement initiale (voir annexe N)

- Ajustement de la vitesse par rapport à la condition de la chaussée :

$$MIRS = (0,8613(PSR)0,0928) \times (1 + H(IRS - 35)) - H(IRS - 35)$$

Où:

MIRS : « modified initial running speed ».

PSR : condition de la chaussée pour la section.

IRS : « Initial running speed ».

H : Facteur basé sur la vitesse, le type de route et la surface.

Si IRS est < 35 mph, alors H = 0,050

Si IRS est > 35 mph, alors H = 0 si la section est une autoroute et que la surface est rigide à niveau « haut » ou flexible à niveau « haut ».

Si IRS est > 35 mph, alors H = 0,0130 si la section n'est pas une autoroute et que la surface est à niveau « intermédiaire » ou « faible ».

- Ajustement de la vitesse par rapport aux courbes :

Voir la table IV-9 pour les vitesses sécuritaires limites.

Si l'ajustement par rapport aux courbes est plus basse que l'ajustement par rapport à la condition de la chaussée, alors la vitesse d'ajustement par rapport aux courbes est considérée.

Pour déterminer le temps de voyage pour une section, la formule suivante est utilisée :

$$T_t = M_1/V_1 + M_2/V_2 \dots M_n/V_n$$

Où :

T = Temps total en heure pour un véhicule pour traverser une section

M = Distance en miles pour chaque classe de courbe

V = Vitesse sécuritaire en miles par heure pour chaque classe de courbe

Pour déterminer la vitesse moyenne pour une section d'autoroute, la formule suivante est utilisée :

$$V_t = M_t/T_t$$

Où:

V_t = Vitesse moyenne pour la section

M_t = Longueur totale de la section

T_t = Temps de voyage total pour la section

- Ajustement de vitesse pour « grades ».

(Pour les camions seulement.)

Voir les tables IV-10 et IV-11. Utilise les mêmes taux d'accélération et de décélération.

Quatre combinaisons d'approche existent (voir la figure IV-1). Ils ont toutes la même probabilité, ils sont multipliés par 0,25 et additionnés pour avoir le résultat global.

Voir les règles en bas de la page IV-28 et haut de la page IV-32.

Deux procédures sont utilisées pour calculer le temps sur un « upgrade ». Le système regarde si le « grade » est plus long que la distance requise pour atteindre la vitesse « crawl ».

Voir les figures IV-2 et IV-3 et tous les calculs à la page IV-29.

- Ajustement de la vitesse pour le changement de vitesse ou cycle d'arrêt.

7 types de facilités (voir annexe B)

Le nombre de cycles de changement de vitesse par mile pour les autos est calculé en utilisant le IRS et cette équation :

$$SCC_{\text{auto}} = 0,5 \times A \times \log_{10}(\text{IRS}) + B$$

Où:

SCC_{auto} = Nombre de cycles de changement de vitesse pour les autos par mile de voyage.

IRS = Vitesse initiale.

A = Constante dépendant du type de facilité (voir table IV-12).

B = Constante dépendant du type de facilité (voir table IV-12).

Le nombre de cycles de changement de vitesse par mile pour les camions à unité-simple et unité-multiple est calculé comme ceci :

$$SCC_{\text{s-u-truck}} = (1,00191 \times E \times SCC_{\text{auto}}) + (0,00191 \times E \times \text{STP})$$

$$SCC_{\text{m-u-truck}} = (1,00954 \times E \times SCC_{\text{auto}}) + (0,00954 \times E \times \text{STP})$$

Où:

STP = Nombre de cycles d'arrêts par mile de voyage du véhicule.

E = Constante dépendant du type de facilité (voir table IV-12).

Le nombre de cycles d'arrêt par mile de véhicule pour tous les types de véhicules est calculé comme ceci :

$$STP = 0,5 \times 10^D \times (2 \times SCC_{\text{auto}})^C$$

Où :

SCC = Nombre de cycles de changement de vitesse.

C = Constante dépendant du type de facilité (voir table IV-12).

D = Constante dépendant du type de facilité (voir table IV-12).

La vitesse moyenne finale est calculée comme ceci :

$$FS = (1.0 + F) \times IRS - G$$

Où:

FS : Vitesse finale.

F = Constante dépendant du type de facilité (voir table IV-12).

G = Constante dépendant du type de facilité (voir table IV-12).

- Ajustement de vitesse pour temps mort.

Voir les tables IV-13 et IV-14.

Pour des valeurs PSR entre 2,0 et 3,0, la facteur d'ajustement pour les cycles de changement de vitesse et pour les cycles d'arrêt est :

$$ADJ_{\text{sc}} = 2,5 - (0,5 \times PSR)$$

$$ADJ_{\text{stop}} = 1,1875 - (0,0625 \times PSR)$$

Lorsque les PSR est < 0,2, la calcul est :

$$ADJ_{\text{sc}} = 3,0 - (0,70 \times PSR)$$

$$ADJ_{\text{stop}} = 1,25 - (0,09375 \times PSR)$$

Où:

ADJ_{sc}: Facteur d'ajustement pour les cycles de changement de vitesse.

ADJ_{stop} : Facteur d'ajustement pour les cycles d'arrêt.

- Les coûts d'opération du véhicule et la consommation d'essence

Coûts sont basés sur le prix d'essence en 1980...

- Vitesse et grades

Voir les annexes C et D.

La procédure est différente pour les camions, voici les étapes :

1. Trouver le coût d'opération (OC) avec la table appropriée utilisant la vitesse « crawl » et le « gradient percent ». Ces valeurs ont déjà été calculées précédemment :

V_c = « Crawl speed in miles per hour ».

R_s = « Rate of travel on grade in hours per mile ».

T_s = « Total time on grade in hours ».

2. Calculer le taux du coût d'opération (R_{oc}) en \$/heure.

$$R_{oc} = OC \times V_c$$

3. Calculer le coût d'opération du véhicule sur le grade (VOC_g).

$$VOC_g = R_{oc} \times T_s$$

4. Calculer le taux de consommation d'essence (R_{fc}) en gallons/heure.

$$R_{fc} = FC \times V_c$$

5. Calculer la consommation d'essence sur le grade (FC_g)

$$FC_g = R_{fc} \times T_s$$

- Courbes horizontales

Voir les annexes E et F.

- Changement de vitesse et cycles d'arrêt

Voir les annexes G et H.

Elles utilisent la vitesse initiale et la vitesse finale moyenne, calculées pour les cycles de changement de vitesse. La vitesse finale est 0 pour les cycles d'arrêt. On multiplie les valeurs des tables par le nombre de cycles pour avoir les coûts d'opération du véhicule et la consommation d'essence.

- Condition de la chaussée

La consommation d'essence change en fonction de la condition de la chaussée :

$$FC = 1,25 - (0,25 \times PSR) / (PSR + (5,0 - PSR) / (37,5 \times PSR))$$

Les coûts d'opération du véhicule changent en fonction de la condition de la chaussée :

$$VOC = 0,9818182 + (5,0 - PSR)/(20,0 + (5,0 \times (PSR - 3,0)))$$

Où:

VOC = Coût d'opération du véhicule

- Temps d'arrêt

La facteur d'arrêt est multiplié par le temps de voyage des véhicules sur la section. Le temps d'arrêt est ajouté au temps de voyage. Il est multiplié par les taux de coût d'opération et de consommation d'essence. *Voir les tables IV-15 et IV-16 du manuel HPMS.*

- Émissions

Voir l'annexe I.

Le système assume une basse altitude, un taux de 20% de « cold start operation », et une température de 60°F.

- Accidents

Voir l'annexe J et les facteurs à la table IV-17.

- Résultat de l'analyse d'impact

Voir les tables IV-18 et IV-19 pour des exemples.

Chapitre 5 : Analytical process applications

➤ Minimum tolerable conditions (MTC)

MTC n'affecte pas analyse d'impact ou l'analyse d'index composée.

➤ Emphase sur un type de déficience spécifique

Le système préfère régler une déficience que de régler partiellement plusieurs déficiences.

➤ Détermine les besoins totaux des autoroutes

Le système effectue une comparaison avec l'analyse de période de fond.

➤ Relation investissement/performance.

Voir la figure III-1 du manuel HPMS.

➤ Périodes de financement multiples.

➤ « Composite index weighting factors ».

Voir l'exemple à la page V-4 du manuel HPMS.

➤ « Composite index appraisal rates ».

Varie entre 1,00 et 0,00. Un taux de 0,70 rencontre le MTC, mais ce n'est pas essentiel.

➤ « Changes to travel projections ».

Pour plus d'informations sur le chapitre 5, voir les pages V-1 à V-5. Ce chapitre se compose davantage de définitions que d'algorithmes et de calculs.

Finalement, les annexes A à N montrent des calculs, des tables, des taux très importants.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 225 462