

# **EXERCICE PRELIMINAIRE DE CALIBRAGE DES RELATIONS DE L'EFFET DE L'USAGER DE LA ROUTE DE L'HDM-4 POUR UNE UTILISATION AU JAPON**

R. UL-ISLAM, M. NOZAWA, N. OOGURI & K. TSUNOKAWA  
Department of Civil & Environmental Engineering, Saitama University, Japan  
riaz@post.saitama-u.ac.jp

## **RESUME**

Le Modèle de développement et de gestion des autoroutes (Highway Development and Management Model ou HDM-4) est un outil de pointe servant à l'analyse de décisions en matière d'investissement routier basée sur l'évaluation comparative du coût et des avantages de différentes stratégies d'investissement. Le coût et les avantages des différentes stratégies d'investissement sont estimés à l'aide de modèles classés en deux grandes catégories: les effets de l'usager de la route (Road User Effects ou RUE) et les effets de la détérioration de la route et des travaux (Road Deterioration and Works Effects ou RDWE). Les modèles faisant partie de la catégorie RUE comprennent des relations pour estimer les frais de fonctionnement des véhicules (vehicle operating costs ou VOC), la durée du voyage, la sécurité et les émissions d'échappement, tandis que les modèles faisant partie de la catégorie RDWE comprennent des relations pour prédire la détérioration des chaussées et les impacts des activités de maintenance sur les conditions de revêtement. Les composants RUE sont estimés comme étant fonction de facteurs tels que les caractéristiques des véhicules, les conditions de revêtement, etc., tandis que les RDWE sont prédits comme étant fonction de facteurs tels que les conditions écologiques, les caractéristiques du trafic, etc. Comme ces facteurs varient d'un pays à l'autre, le calibrage local des modèles RUE et RDWE est une condition préalable requise pour une prise de décision sensée en matière d'investissement routier. La transmissibilité entre différents pays de modèles HDM-4 adaptés aux conditions locales est garantie par un ensemble de facteurs de calibrage ajustés de façon à ce que les différences entre les composants RUE et RDWE estimés et ceux observés soient réduites au minimum. Cet article présente les résultats d'un exercice de calibrage préliminaire (l'un des premiers au Japon) des relations RUE de cinq véhicules typiques, c'est-à-dire des voitures personnelles de petite taille et de taille moyenne, des camions de taille moyenne, des poids lourds et des autobus. Les données d'entrée de base requises pour le calibrage proviennent de rapports publiés par des sociétés japonaises d'exploitation de camions et de bus, des concessionnaires d'automobiles, etc., ainsi que d'études précédentes sur le VOC et les émissions d'échappement, entreprises par différents organismes gouvernementaux japonais. Les facteurs de calibrage ont été estimés au niveau de la consommation de pièces et des heures de travail pour les relations VOC et au niveau des émissions d'oxyde nitreux, de monoxyde de carbone, d'hydrocarbure, de particules, de dioxyde de carbone et d'anhydride sulfureux pour les relations d'émissions. On a découvert que l'utilisation des paramètres par défaut de HDM-4 surestime à la fois la consommation de pièces et les heures de travail par rapport à la consommation réelle au Japon pour les cinq types de véhicules considérés. On a cependant observé que les estimations relatives aux émissions d'échappement étaient inférieures pour certains véhicules et supérieures pour d'autres.

## **KEY WORDS**

HDM-4 CALIBRAGE / ROAD USER EFFECTS / VEHICLE OPERATING COSTS / EXHAUST EMISSIONS / JAPON.

## 1. INTRODUCTION

L'outil Highway Development and Management (HDM-4) est un outil de pointe en matière d'analyse décisionnelle de dépenses d'investissement basé sur l'évaluation comparative des coûts et bénéfices des stratégies d'investissement alternatives. Les stratégies sont comparées en calculant le coût du transport total escompté (somme des coûts de construction, des coûts d'entretien, des coûts des usagers de la route, etc.) des stratégies alternatives pendant une période d'analyse donnée. L'on obtient les composants du coût de transport total en multipliant les prix unitaires et les quantités physiques des ressources destinées à être consommées, lesquelles sont prévues à l'aide de relations classées dans deux grandes catégories : les effets des usagers de la route (EUR) et les effets des travaux et de la détérioration des routes (ETDR). Les relations faisant partie de l'EUR comprennent des modèles visant à estimer le coût de fonctionnement des véhicules (CFV), la durée des parcours et l'émission de gaz d'échappement, tandis que les relations faisant partie de l'ETDR comprennent des modèles visant à prévoir la détérioration de la chaussée et l'impact de l'entretien sur l'état de la chaussée.

Le développement de ces modèles s'étend sur les trente dernières années (allant du modèle de coût des autoroutes (HCM, Moavenzdeh, 1971) à l'HDM-4 (2002)). Pendant cette période, la forme des modèles et le niveau de sophistication de leur formulation a évolué des modèles de régression empirique établis à l'aide de données recueillies sur des sites spécifiques à des modèles empiriques mécanistiques structurels établis à l'aide d'analyses statistiques rigoureuses et poussées utilisant des données réelles recueillies à partir d'une large gamme de types de véhicules et d'états des routes. La forme empirique mécanistique des relations de l'HDM-4 lui donne la flexibilité de pouvoir être utilisé dans plusieurs pays en lui fournissant des données locales. Pourtant, l'étude de l'HDM-4 a déterminé que bien que les expériences sur le terrain couvrent une large palette de situations et bien qu'une technologie de pointe ait été utilisée pour le développement du modèle, il reste certains facteurs qui n'ont pu être introduits parce qu'ils n'avaient pas été mesurés ou auraient rendu l'entrée du modèle trop complexe ou que leurs effets n'auraient pas pu être consignés dans les intervalles observés. De plus, des progrès ont été réalisés dans le domaine de la technique automobile depuis l'époque où les études ont été réalisées qui ont réduit les coûts de consommation et de fonctionnement, rendant l'étalonnage de l'HDM-4 à la fois raisonnable et désirable (Bennett et Paterson, 2002). La présente contribution présente les résultats d'un premier exercice d'étalonnage des relations EUR pour cinq types de véhicules de fabrication japonaise.

## 2. NIVEAUX D'ÉTALONNAGE ET CLASSES DE SENSIBILITÉ

Par rapport au modèle des standards de conception et d'entretien des autoroutes (HDM-III, Watanatada, et al., 1987), l'HDM-4 traite des modèles d'étalonnage de façon plus systématique, le divisant en trois niveaux en fonction des efforts et des ressources impliqués. Voici ci-dessous cette division (Bennett et Paterson, op cit.) :

Niveau 1 – Application de base : détermine les valeurs des paramètres d'entrée de base requis, adopte de nombreuses valeurs par défaut et étalonne les paramètres les plus sensibles avec les meilleures estimations, les études théoriques ou les enquêtes sur le terrain minimales.

Niveau 2 – Étalonnage : nécessite la mesure de paramètres d'entrée supplémentaires et d'enquêtes sur le terrain modérées pour étalonner les relations prédictives clés aux conditions locales. Il se peut que ce niveau entraîne de légères modifications du code source de l'HDM-4.

Niveau 3 – Adaptation : procède à des enquêtes sur le terrain majeures et à des expériences contrôlées pour potentialiser les relations prédictives ou pour développer de nouvelles relations spécifiques aux conditions locales à substituer dans le code source de l’outil HDM-4.

Outre ces niveaux d’étalonnage, l’HDM-4 détermine la sensibilité du modèle par rapport à chaque paramètre pour pouvoir donner la focalisation appropriée à chaque paramètre en fonction de sa sensibilité. Les paramètres sont classés en quatre classes de sensibilité, de S-I à S-IV, et l’impact du paramètre diminue avec la diminution du numéro de la classe. En fonction des numéros de classe de sensibilité, l’étude HDM-4 recommande des priorités pour les paramètres à étalonner aux trois niveaux d’étalonnage, tels qu’illustrés à la figure 1. Cette étude traite principalement de l’étalonnage de niveau 1 et couvre brièvement l’étalonnage de niveau 2.

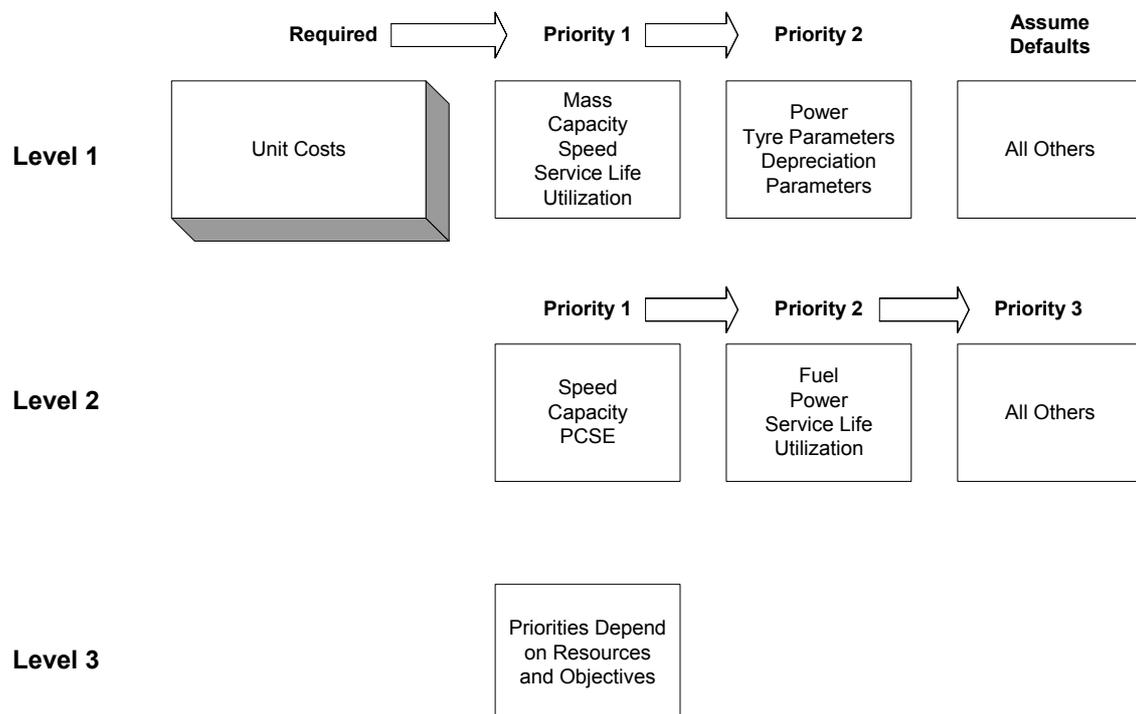


Figure 1 - Priorités d’étalonnage (Source: Bennett and Paterson (2002))

### 3. PARAMÈTRES D’ENTRÉE (CARACTÉRISTIQUES DES VÉHICULES ET PRIX UNITAIRES)

Pour faire tourner l’outil HDM-4, vous devez spécifier des données d’entrée pour les véhicules représentatifs. Sur la base du nombre de véhicules immatriculés au Japon (reportez-vous au tableau 1), les cinq types de véhicules représentatifs suivants ont été adoptés dans la présente étude : petite voiture, voiture moyenne, camion moyen, camion lourd et autobus lourd. En fonction de la part de marché des différents constructeurs automobiles, l’on a déterminé le modèle le mieux vendu pour chaque type de véhicule représentatif afin d’obtenir les données caractéristiques du véhicule. En combinant des interviews et des enquêtes sur questionnaires de chauffeurs de bus, de magasins de pneus, de transporteurs routiers, de sociétés d’autobus, de revendeurs et de distributeurs automobiles et les informations disponibles dans des rapports de recherche et des magazines automobiles ainsi que des études réalisées par différents organismes gouvernementaux, l’on a obtenu les données caractéristiques des véhicules

représentatifs, telles que reprises au tableau 2, accompagnées de brèves notes quant aux sources.

La présente étude compare les résultats du CFV de l'HDM-4 avec une recherche antérieure qui a quantifié les différents composants du CFV en coûts financiers. C'est pourquoi la présente étude utilise les coûts financiers au lieu des coûts économiques<sup>1)</sup> En se basant à nouveau sur des études de marché et la littérature disponible, l'on a obtenu des données de coûts pour les véhicules représentatifs ; celles-ci sont reprises au tableau 3.

Tableau 1 - Nombre de véhicules immatriculés au Japon

Type		Personnel	Commercial
Camion	Normal	1,628,626	890,009
	Petit	4,988,777	76,881
Bus	Normal	26,069	83,953
	Petit	105,152	17,754
Voiture	Normale	155,390,993	34,189
	Petite	27,161,621	227,927
	Légère	11,796,326	
Utilitaire	Normal	971,371	234,294
	Petit	186,749	12,560
	De type spécial	320,869	3,419
Véломoteur	Petit	1,373,055	
	Léger	1,788,949	

Source : AIRA (2003)

## 4. COMPARAISON DES RÉSULTATS DE L'HDM-4 AVEC DES ÉTUDES ANTÉRIEURES

### 4.1. Comparaison du CFV

L'on a comparé les résultats du CFV de l'HDM-4 avec une étude antérieure de l'Institut de recherches de Mitsubishi (MRI) réalisée pour le Ministère japonais des Terres, de l'Infrastructure et du Transport (MRI, 2003). L'étude du MRI a observé le CFV pour les routes nationales et provinciales dans les terrains montagneux pour quatre types de véhicules (voitures, camions moyens et lourds et bus lourds) à différentes vitesses. La présente étude a utilisé les données CFV pour les routes nationales lisses de l'étude MRI. C'est pourquoi, dans les simulations de l'HDM-4, l'on a supposé que les caractéristiques des sections routières étaient une géométrie droite et nivelée.

Dans les figures 2 à 5, vous trouverez une comparaison des mesures CFV du MRI avec celles provenant des simulations de l'HDM-4 pour les quatre types de véhicules. Les prévisions de l'HDM-4 sont supérieures aux mesures du MRI pour toutes les composantes du CFV, à l'exception de la consommation des pneus. La différence la plus prononcée concerne les coûts d'entretien (somme des pièces de rechange et des coûts de main-d'œuvre), ce qui n'est pas étonnant, étant donné que les relations de l'HDM-4 pour prévoir la consommation en pièces de rechanges et en heures de travail ont été développées dans le contexte d'économies avec des caractéristiques très différentes de celles au

<sup>1)</sup> Les coûts économiques ont également été calculés pour la plupart des paramètres et vous pouvez les obtenir auprès des auteurs.

Japon (par exemple, différence dans les salaires, l'âge des véhicules et d'autres caractéristiques de fonctionnement, etc.). D'un autre côté, les coûts d'amortissement se ressemblent, surtout pour les camions et les bus, ce qui révèle la validité des données entrées pour l'utilisation annuelle, la durabilité et les heures de travail nécessaires pour calculer l'amortissement. Les différences sont plus grandes pour les voitures moyennes étant donnée que les heures de travail ont été estimées en divisant le nombre de kilomètres parcourus par an pour ces véhicules avec la vitesse moyenne des camions et des bus, en supposant que la vitesse moyenne des voitures est égale à la vitesse moyenne des camions et des bus (reportez-vous au tableau 2, note 12).

Les figures 6 à 9 comparent la consommation en carburant prévue par l'HDM-4 et les valeurs MRI pour les quatre types de véhicules à des vitesses différentes. Pour tous les véhicules, les prévisions de l'HDM-4 dépassent les valeurs du MRI, ce qui est compréhensible vu que la technologie automobile est en progrès constants, ce qui fait que les véhicules consomment moins de carburant. Toutefois, la forme des courbes de consommation en carburant des mesures faites à des vitesses différentes sont très similaires pour tous les types de véhicules. Étant donné que l'approche du modèle prévisionnel en matière de carburant de l'HDM-4 est de type mécanistique, il est très possible que l'étalonnage détaillé entraîne que les prévisions de l'HDM-4 et les valeurs du MRI se rejoignent.

L'étalonnage des coûts d'entretien nécessite la ventilation des coûts entre le coût des pièces de rechange et le coût de la main-d'œuvre. L'étude MRI donne des estimations du coût d'entretien total uniquement et n'identifie pas la ventilation des deux. La part des pièces de rechange, telle qu'obtenue des prévisions de l'HDM-4, varie respectivement de 16 % à 33 % pour les voitures moyennes et les camions lourds. En l'absence de meilleures estimations, l'on a utilisé une approche brute pour scinder les coûts d'entretien en coût des pièces de rechange et en coût de la main-d'œuvre pour obtenir avec l'HDM-4 la part pour chaque véhicule. La consommation des pièces de rechange et les heures de travail, sans approfondir l'influence des cycles de changement de vitesse, pour un type de véhicule donné, est calculé dans l'HDM-4 comme suit :

Consommation des pièces de rechange :  $PC = K_o^p \{CKM^{kp} (a_o + a_1 RI_{adj}) + K_1^p\}$

Heures de travail :  $LH = K_o^l (a_2 PC^{a_3}) + K_1^l$

où, PC représente la consommation en pièces de rechange en tant que fraction du prix moyen du véhicule neuf, CKM est le nombre de kilomètres parcourus en moyenne par le véhicule, kp est l'exposant de l'âge,  $RI_{adj}$  est la dureté de la route ajustée,  $a_o$  et  $a_1$  sont les constantes, et  $K_o^p$  et  $K_1^p$  sont les facteurs d'étalonnage de consommation des pièces de rechange rotationnels et translationnels, respectivement; LH est le nombre d'heures de travail,  $a_2$  est le terme constant et  $a_3$  est l'exposant pièces de rechange du modèle de travail d'entretien, et  $K_o^l$  et  $K_1^l$  sont les facteurs d'étalonnage des heures de travail rotationnels et translationnels, respectivement.

L'étalonnage des quatre facteurs ( $K_o^p, K_1^p, K_o^l, K_1^l$ ) requiert des données détaillées déterminant l'influence de la dureté ajustée, de l'âge du véhicule et de l'utilisation sur la consommation de pièces de rechange et les heures de travail. Avec les données limitées

Tableau 2 - Caractéristiques des véhicules représentatifs

Type	Type de carburant	Nombre d'essieux <sup>2)</sup>	Nombre de roues <sup>2)</sup>	Nombre de passagers <sup>3)</sup>	Type de pneus <sup>4)</sup>	Volume caoutchouc usable pneus <sup>5)</sup> (dm <sup>3</sup> )	Nombre de rechapages <sup>6)</sup>	Coût du rechapage <sup>6)</sup>	Face frontale projetée <sup>7)</sup> (m <sup>2</sup> )	Poids en charge <sup>8)</sup> (tonnes)	Facteur PCSE <sup>10)</sup> ESAL <sup>9)</sup>	Kilomètres parcourus par an <sup>11)</sup>	Heures de travail par an <sup>12)</sup>	Durabilité <sup>13)</sup>	
<b>Petite voiture</b>	P	2	4	1.6	R	1.27	N/A	N/A	2.42	0.875	0.000	1.0	8479	184.5	10
<b>Voiture moyenne</b>	P	2	4	1.6	R	1.9	N/A	N/A	2.49	1.135	0.000	1.0	10519	228.9	10
<b>Camion moyen</b>	D	2	6	1.4	R	4.64	N/A	N/A	8.75	5.340	0.076	1.6	45400	2113	10
<b>Camion lourd</b>	D	3	10	1.2	R	8.12	N/A	N/A	9.25	16.040	4.188	1.9	150000	2173	10
<b>Bus lourd</b>	D	2	6	21.9	R	7.17	N/A	N/A	7.80	12.765	1.680	1.7	60000	1267	10

1) P pour essence et D pour diesel.

2) Les données pour les voitures petites et moyennes sont basées sur les brochures de présentation des véhicules publiées par les constructeurs automobiles (Suzuki et Toyota), tandis que pour les camions et les autobus lourds, elles sont basées sur les données publiées par le centre technique des autoroutes (Highway Technical Center).

3) Basé sur les estimations un jour de la semaine du comptage de la circulation sur les autoroutes en 1994.

4) Basé sur les brochures de présentation des véhicules publiées par les constructeurs automobiles [Suzuki (Wagon-R pour les petites voitures), Toyota (Corolla pour les voitures moyennes), Hino, Isuzu et Mitsubishi (pour les camions et les autobus lourds)].

5) Calculé à l'aide du rapport donné dans Bennett et Paterson (2002). Les entrées telles que la largeur nominale du pneu, la taille de la jante et le ratio aspect ont été obtenus dans les brochures de présentation des véhicules publiées par les constructeurs automobiles et les fabricants de pneus.

6) N/A pour non applicable. Le rechapage des pneus n'est pas une pratique courante au Japon.

7) Basé sur les brochures de présentation des véhicules publiées par les constructeurs automobiles Suzuki et Toyota pour les voitures petites et moyennes ; base sur des enquêtes réalisées par les sociétés de transport pour les camions, et basée sur les données disponibles sur la page d'accueil de Mitsubishi motors pour les autobus lourds.

8) Calculé sur base de la tare des véhicules collectée dans les brochures de présentation des véhicules publiées par les constructeurs automobiles et du pourcentage de véhicules chargés trouvé dans l'enquête sur le trafic sur les autoroutes de 1994.

9) Calculé à l'aide du rapport donné dans Bennett et Paterson (2002). Les entrées dans le relation comprenaient le poids en charge tel qu'obtenu sous 8) et la distribution des charges sur les différents essieux, obtenue dans les données publiées par le Highway Technical Center.

10) Calculé à l'aide du rapport donné dans Hoban et al. (1994) en utilisant la longueur moyenne des véhicules reprise dans les brochures de présentation des véhicules publiées par les constructeurs automobiles.

11) Pour les voitures, l'on s'est basé sur le UCIM (2002). Pour les camions, basé sur les enquêtes des compagnies de transport, et pour les bus lourds, sur les interviews des chauffeurs de bus.

12) Pour les camions et les bus lourds, basé sur AJTA (2000). Pour les voitures, obtenu en divisant les kilomètres parcourus par an par les véhicules par la vitesse moyenne des camions et des bus lourds, en supposant que la vitesse des voitures dans le trafic est la même que la vitesse moyenne des bus et des camions.

13) Pour les voitures, basé sur des interviews de revendeurs automobiles et pour les camions et les bus lourds, basé sur des enquêtes réalisées auprès de sociétés de bus et de transport.

Tableau 3 - Coût unitaire des véhicules représentatifs et autres éléments liés

Type	Salaire des équipes <sup>1)</sup> (Yen/h)	Travail d'entretien <sup>1)</sup> (Yen/h)	Heure travail passager <sup>1)</sup> (Yen/h)	Heure non-travail passager <sup>1)</sup> (Yen/h)	Heure cargo <sup>1)</sup> (Yen/h)	Prix véhicule neuf <sup>2)</sup> (Yen)	Prix remplacement pneu <sup>3)</sup> (Yen)	Carburant <sup>1)</sup> (Yen/l)	Huile de graissage <sup>4)</sup> (Yen/l)
<b>Petite voiture</b>	N/A	5384.64	2802	1954.8	N/A	1260000	4000	95.2	550
<b>Voiture moyenne</b>	N/A	5384.64	2802	1954.8	N/A	1460000	9000	95.2	550
<b>Camion moyen</b>	4729.8	5384.64	N/A	1954.8	0.648	5500000	17500	76.1	550
<b>Camion lourd</b>	4570.2	5384.64	N/A	1954.8	0.648	13000000	30000	76.1	550
<b>Bus lourd</b>	3933	5384.64	2802	1954.8	N/A	20000000	26000	76.1	550

1) Basé sur la MRI (2003)

2) Basé sur les brochures de présentation des véhicules publiées par les constructeurs automobiles [Suzuki (Wagon-R pour les petites voitures), Toyota (Corolla pour les voitures moyennes), Hino, Isuzu et Mitsubishi (pour les camions et les bus lourds)].

3) Basé sur une enquête par interviews dans des magasins de pneus.

4) Basé sur une enquête par interview dans des magasins vendant de l'huile de graissage et sur des enquêtes par questionnaire des sociétés de transport.

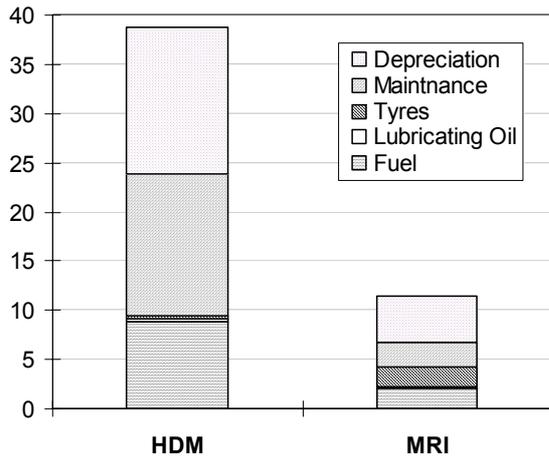


Figure 2 – Le CFV pour une voiture moyenne

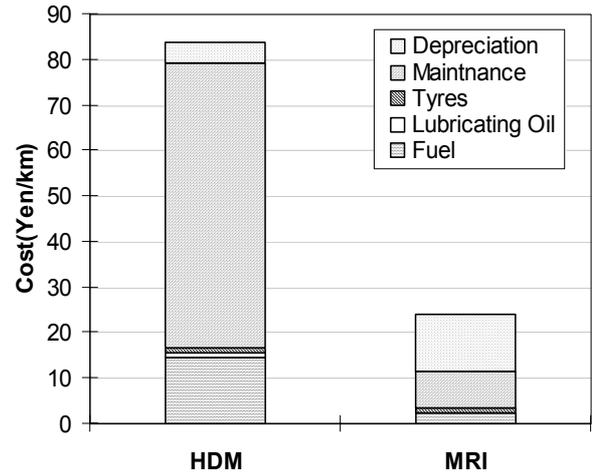


Figure 3 – Le CFV pour un camion moyen.

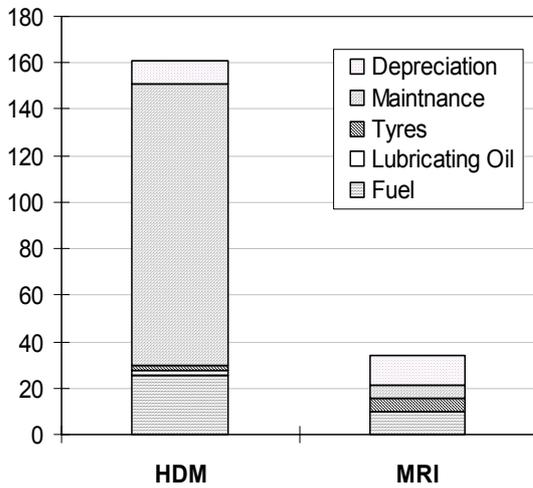


Figure 4 – Le CFV pour un camion lourd

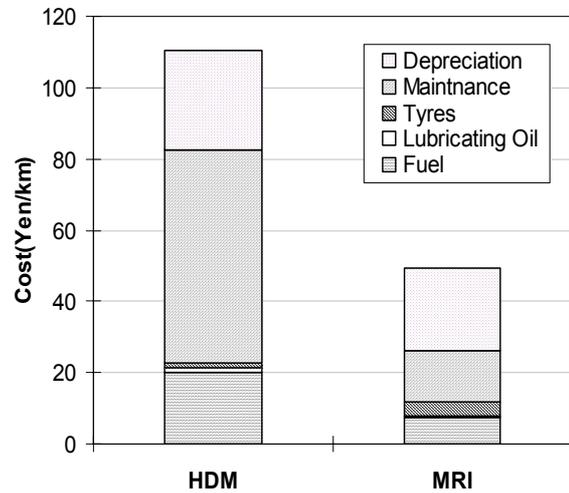


Figure 5 – Le CFV pour un autobus lourd

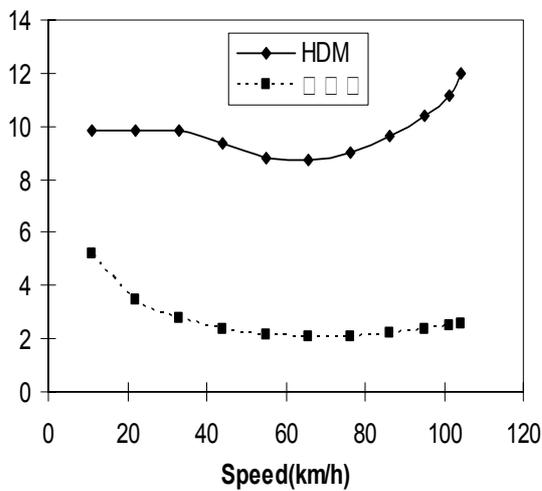


Figure 6 – La consommation de carburant d'une voiture moyenne.

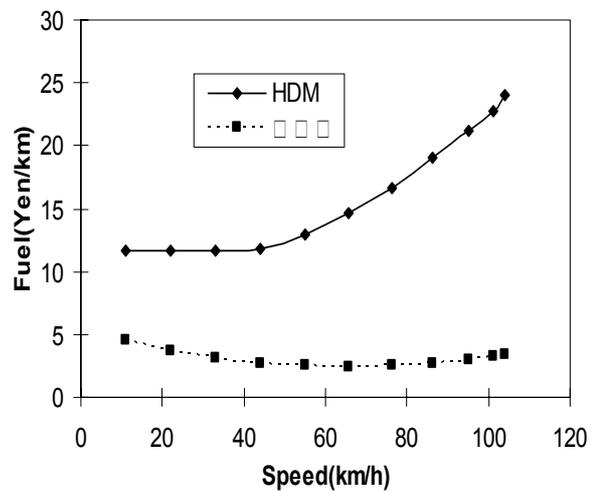


Figure 7 – La consommation de carburant d'un camion moyen.

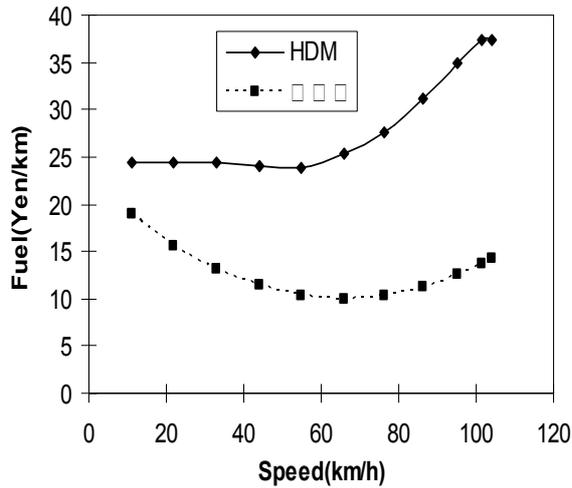


Figure 8 – La consommation de carburant d'un camion lourd.

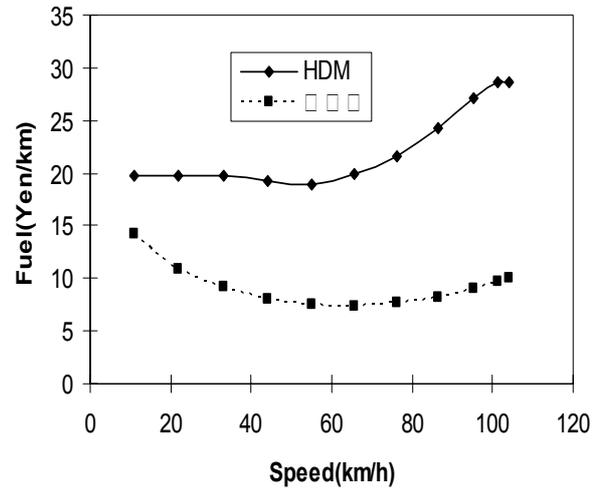


Figure 9 – La consommation de carburant d'un autobus lourd.

disponibles, un tel exercice n'était pas possible. Par conséquent,  $K_1^p$  et  $K_1^l$  ont été laissés à la valeur par défaut de 1 et des ajustements ont été faits pour  $K_o^p$  et  $K_o^l$ . Les facteurs ajustés sont repris au tableau 4.

#### 4.2. Comparaison de l'émission de gaz d'échappement et étalonnage

(2)) et celui du  $SO_2$  (reportez-vous à l'équation (3)) et du  $CO_2$  (reportez-vous à l'équation (4)) requiert l'ajustement de  $K_o$  uniquement.

$$\text{Émission de gaz d'échappement de HC, CO et } NO_x = \frac{3.6 K_o (a_o + a_1 K_1 IFC) (1 + 0.5 a_2 VIE) * 1000}{Vitesse} \quad (1)$$

$$\text{Émission de gaz d'échappement de Par} = \frac{3.6 K_o (a_o + a_1 K_1 IFC) * 1000}{Vitesse} \quad (2)$$

$$\text{Émission de gaz d'échappement de } SO_2 = \frac{3.6 K_o a_o a_1 IFC * 1000}{Vitesse} \quad (3)$$

$$\text{Émission de gaz d'échappement de } CO_2 = \frac{3.6 K_o a_o IFC * 1000}{Vitesse} \quad (4)$$

où, IFC est la consommation instantanée de carburant, VIE et Vitesse représentent la durée de vie et la vitesse du véhicule,  $a_0$  à  $a_2$  sont des paramètres du modèle et  $K_o$  et  $K_1$  sont les facteurs d'étalonnage pour une émission de gaz d'échappement donnée.

$K_o$  peut être interprété comme un facteur d'étalonnage rotationnel pour une émission de gaz d'échappement donnée, tandis que  $K_1$  est un facteur multiplicateur pour la consommation de carburant instantanée qui est une variable explicative dans les modèles d'émission d'échappement. L'étalonnage des deux ( $K_o$  et  $K_1$ ) pour HC, CO et  $NO_x$  requiert des données identifiant l'influence des facteurs IFC, VIE et Vitesse sur les émissions. Comme ces détails n'étaient pas disponibles,  $K_1$  a été laissé à sa valeur par défaut de 1 et l'étalonnage a été effectué pour  $K_o$ .  $K_o$  a été ajusté de telle sorte que la somme du carré de la différence entre les prévisions de l'HDM-4 et les valeurs TMRI pour les différentes vitesses a été minimisé. Le tableau 4 reprend la liste des valeurs ajustées de  $K_o$  pour les six émissions de gaz d'échappement pour les quatre types de véhicules considérés. Les figures 10 à 15 illustrent les émissions de gaz d'échappement de l'étude TMRI et des

prévisions HDM-4 calibrées pour une voiture moyenne. La forme des deux courbes d'émission de gaz d'échappement semble être bien analogue pour toutes les émissions et il peut être possible de réduire les différences en ajustant  $K_1$ , à l'exception des émissions Par pour lesquelles le modèle lui-même devra être réévalué.

Tableau 4 - Facteurs d'étalonnage

		Petite voiture	Voiture moyenne	Camion moyen	Camion lourd	Bus lourd
Pièces de rechange	Rotational	0.181 <sup>1)</sup>	0.181	0.126	0.048	0.242
	Translational	0	0	0	0	0
Main-d'œuvre	Rotational	0.459 <sup>1)</sup>	0.459	0.370	0.232	0.503
	Translational	0	0	0	0	0
HC	K0	0.039	0.027	0.592 <sup>2)</sup>	0.592	0.806
	K1	1	1	1	1	1
CO	K0	0.093	0.063	0.413 <sup>2)</sup>	0.413	0.632
	K1	1	1	1	1	1
NO <sub>x</sub>	K0	0.088	0.084	0.379 <sup>2)</sup>	0.379	0.659
	K1	1	1	1	1	1
Par	K0	2.822	3.714	1.559 <sup>2)</sup>	1.559	1.287
	K1	1	1	1	1	1
CO <sub>2</sub>	K0	0.204	0.272	0.152 <sup>2)</sup>	0.152	0.259
SO <sub>2</sub>	K0	0.515	1.321	2.656 <sup>2)</sup>	2.656	4.646

1) Supposé être le même que pour une voiture moyenne.

2) Supposé être le même que pour un camion lourd.

## 5. Résumé et conclusions

La présente étude vous a présenté les résultats d'un étalonnage de base des relations de l'HDM-4 pour cinq types de véhicules japonais. En outre, elle a évalué la portabilité des relations HDM-4 RUE aux conditions japonaises en comparant les résultats de l'HDM-4 aux études RUE antérieures effectuées au Japon. Les prévisions HDM-4 RUE utilisant des données d'étalonnage de base ont montré que la plupart des relations RUE sont solides et que les prévisions peuvent être améliorées grâce à un exercice d'étalonnage plus détaillé. Par conséquent, le travail futur devra se concentrer sur l'obtention d'estimations plus fiables pour les paramètres présentés ici, sur le comblement des différences identifiées et sur l'étalonnage des relations vitesse et capacité, des relations consommation de carburant, pneus et huile de graissage, lesquelles n'ont pas été étalonnées dans la présente étude.

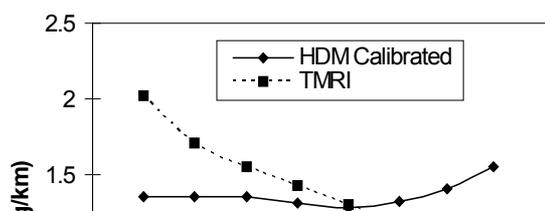
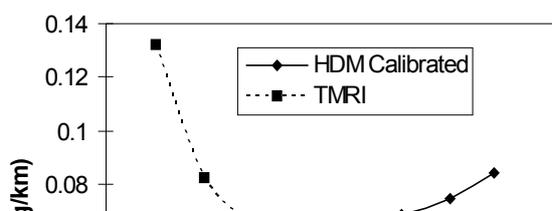


Figure 10 – L'émission d'hydrocarbures d'une voiture moyenne.

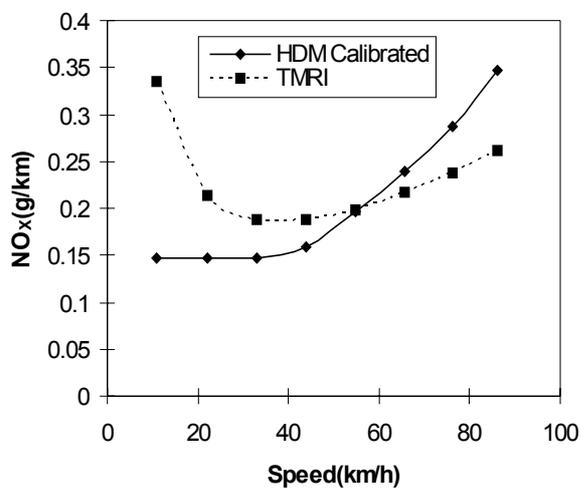


Figure 11 – L'émission de monoxyde de carbone d'une voiture moyenne.

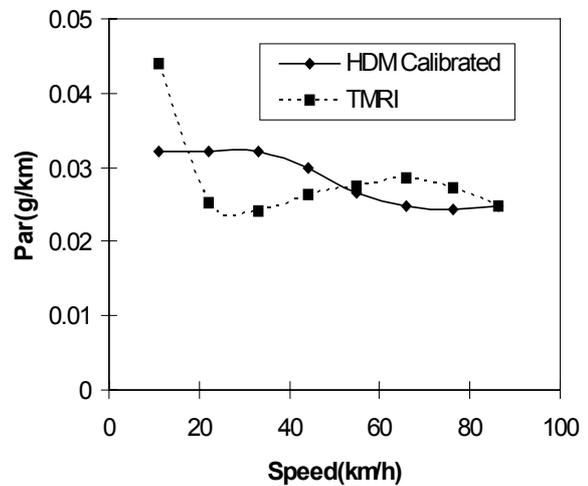


Figure 12 – L'émission d'oxyde nitreux d'une voiture moyenne.

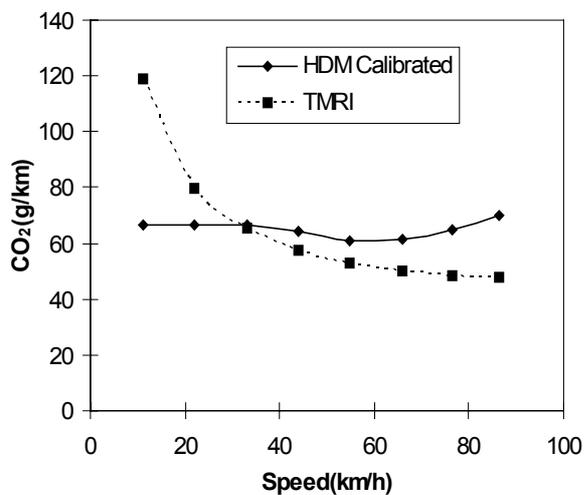


Figure 13 – L'émission de particules en suspension d'une voiture moyenne.

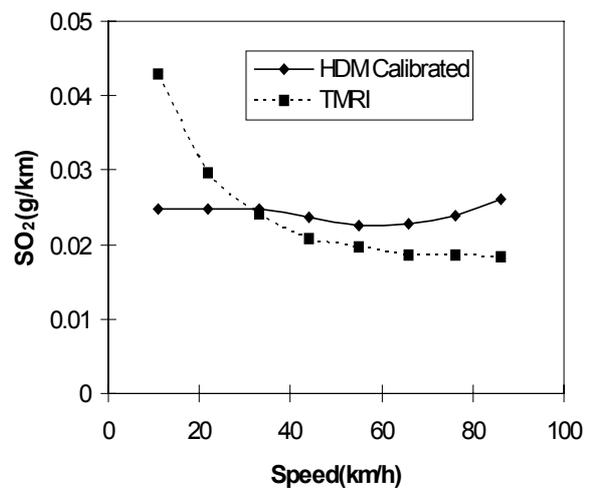


Figure 14 – L'émission de dioxyde de carbone d'une voiture moyenne.

Figure 15 – L'émission de dioxyde de soufre d'une voiture moyenne.

## REFERENCES

- AIRA (Automobile Inspection and Registration Association of Japan) (2003). Number of Registered Vehicles in Japan ([www.aira.or.jp/data/data.html](http://www.aira.or.jp/data/data.html)).
- AJTA (All Japan Truck Association) (2000). Life and Opinion of a Pro Driver (in Japanese).
- Bennett, C.R. and Paterson, W.D.O. (2002). Volume five: A guide to Calibration and Adaptation. Highway Development and Management Model HDM-4 (Version 1.3). International study of Highway Development and Management (ISOHDM), World Road Association, PIARC, Paris, France.
- HDM-4 (2002). Highway Development and Management Tool (Version 1.3). International study of Highway Development and Management (ISOHDM), World Road Association, PIARC, Paris, France.
- Hoban, C., Reilly, W. and Archondo-Callao, R. (1994). Economic Analysis of Road Projects with Congested Traffic, World Bank Publications, Washington, D.C.
- Moavenzadeh, F., Stafford, J.H., Suhbrier, J., & Alexander, J. (1971). Highway Design Study Phase I: the Model. IBRD Economics Department Working Paper No. 96. Washinton D.C. International Bank of Reconstruction and Development.
- MRI (Mitsubishi Research Institute) (2003). Study on the Estimation of Effects of Road Improvement, Bureau of Roads, Japanese Ministry of Land, Infrastructure and Transport (in Japanese).
- TMRI (1994). Simulation study on the Reduction of NO<sub>x</sub> due to Idling Stop, The Institute of Behavioral Sciences, The Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection (in Japanese).
- UCIM (Used Car Information Magazine) (2002). Weekly Car Sensor (Kanto area version), Vol. 46 (in Japanese).
- Watanatada, T., Harral, C.G., Paterson, W.D.O., Dhareshwar, A.M., Bhandari, A. and Tsunokawa, K. (1987). The Highway Design and Maintenance Standards Model; Vol. 1: Description of the HDM-III Model. John Hopkins University Press, Baltimore, MD.