

PRISE DE DECISION DANS LE CONTEXTE DE TRANSPORT DURABLE

J. Zietsman, Ph.D., P.E., S. Kim, and L. R. Rilett, Ph.D., P.E.

*Texas Transportation Institute, Texas A&M University, United States
zietsman@tamu.edu

RESUME

Cet article décrit de la façon dont les décisions, au vu des programmes et projet de transport, peuvent être prises dans le contexte du transport durable. Il est montré comment identifier des mesures d'exécution appropriées pour le transport durable. Les mesures d'exécution identifiées ont été alors quantifiées avec un modèle de simulation du trafic (CORSIM) aussi bien que les modèles environnementaux de transport. Ces mesures quantifiées ont pu alors être employées comme entrée dans l'index nouvellement développé pour le transport durable. L'index a été développé au niveau individuel et au niveau global et fournit une indication de durabilité relative. Il a été montré que l'index pourrait être employé pour une situation de base aussi bien qu'un futur scénario d'année. On a également montré que la méthodologie pourrait être employée pour prendre des décisions concernant des projets de transport et que ces décisions sont différentes de celles qui considèrent seulement la valeur actuelle nette en termes monétaires. Les bancs d'essai utilisés pour cette étude consistée en des couloirs de transport en Afrique du Sud et aux Etats-Unis. Il a été montré comment la méthodologie peut être développée et appliquée pour des couloirs de transport à travers des classifications fonctionnelles, des modes, des buts globaux, et même des nations.

MOTS CLES

PRISE DE DECISION / TRANSPORT DURABLE / MESURES D'EXECUTION

INTRODUCTION

Le transport durable s'inscrit dans les dimensions du développement économique, des capitaux propres sociaux et de l'intendance environnementale dans le secteur du transport (Zietsman, 2002). Le défi le plus important en ce qui concerne le transport durable est de s'assurer que ses concepts sont mis en application. Ceci peut être réalisé si les concepts sont clairement définis, mesurés, et appliqués dans le processus décisionnel. Dans cet article il est montré comment identifier des mesures d'exécution appropriées pour le transport durable. Ces mesures d'exécution identifiées ont été alors quantifiées avec un modèle de simulation du trafic (CORSIM) ainsi que les modèles environnementaux de transport. Les mesures quantifiées ont pu alors être employées comme entrée dans l'index nouvellement développé pour le transport durable. L'index a été développé au niveau

individuel et au niveau global et fournit une indication de durabilité relative, il a été également montré que la méthodologie pourrait être employée pour prendre des décisions concernant des projets de transport et que ces décisions sont différentes de celles qui considèrent seulement la valeur actuelle nette en termes monétaires. Il a été montré que la méthodologie pourrait être appliquée pour des couloirs de transport à travers des classifications fonctionnelles, des modes, des années d'analyse, des buts globaux, et même des pays. Quatre couloirs de transport ont été utilisés pour l'analyse, deux dans un pays en voie de développement (Tshwane, Afrique du Sud) et les autres deux dans une nation développée (Houston, Texas). Le texte est décomposé en sept sections. La première section contient l'introduction. La deuxième section fournit une description des bancs d'essai. La troisième section décrit comment les mesures d'exécution ont été choisies. La quatrième section discute comment l'index a été développé et appliqué. La cinquième contient les résultats de l'application des index. La section pénultième discute l'application du processus décisionnel. Pour finir, la septième section contient les remarques de conclusion.

DESCRIPTION DES BANCS D'ESSAI

Le couloir sud-africain

Le couloir de développement de Mabopane Centurion (MCDC, Mabopane Centurion Development Corridor) se compose d'un couloir d'autoroute (Pwv-9) et d'une ligne ferroviaire parallèle amenant les personnes au travail. Il fonctionne du nord au sud sur la frontière occidentale de Tshwane (précédemment Pretoria). L'autoroute Pwv-9 est approximativement de 40 kilomètres de longueur et est divisée en 4 lignes avec pleine séparation de catégorie. Une section de 20,3 kilomètres de l'autoroute Pwv-9 a été choisie pour l'analyse. Cette section s'étend de Mabopane dans le Nord à Tshwane dans le sud. Le schéma 1 montre la région plus grande de Tshwane et l'endroit du couloir Pwv-9 aussi bien que la ligne ferroviaire amenant les personnes au travail. La section ferroviaire de banlieusard qui a été analysée, est parallèle à la Pwv-9 de Mabopane à Klerksoord.

Klerksoord, la ligne ferroviaire croise l'autoroute et puis la rejoint à la station de Hercules, qui est près de la zone centrale d'affaires de Tshwane. Cette ligne fonctionne à cinq à six progrès minute et sert approximativement 14.000 passagers par jour.

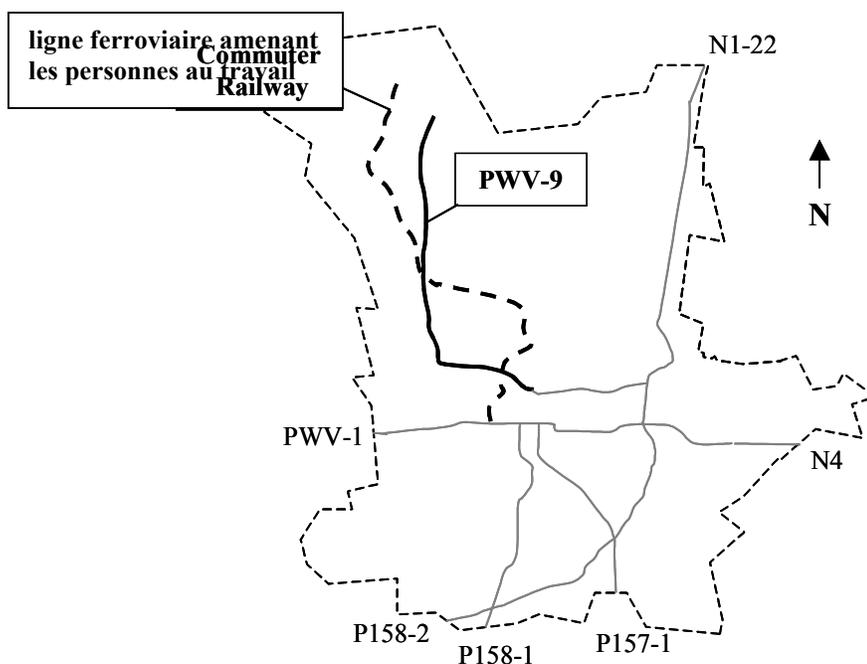


Schéma 1. Ligne ferroviaire amenant les personnes au travail et couloir PWV-9

Le couloir des Etats-Unis

Le couloir Us-290 se compose d'un service d'autoroute (Us-290) et d'une artère parallèle (Hempstead). L'autoroute Us-290 est un service divisé avec la pleine séparation de catégorie, trois à quatre voies par direction, et une voie de véhicule à occupation élevée (HOV, High Occupancy Vehicle) dans la médiane. Une section de 23,0 kilomètres de cette autoroute a été choisie pour cette étude. La section d'essai commence juste à l'est du FM 1960 et se prolonge juste à l'ouest du périphérique I-610.

L'artère Hempstead est parallèle à l'Us-290, et est situé de son côté sud. Une section de 12 kilomètres de cette artère a été choisie pour l'analyse. Cette section s'étend de juste à l'est du SAM Houston Tollway à juste à l'ouest du périphérique I-610. Elle est composée de 15 intersections signalisées situées aux rues en travers au nord-sud. Le schéma 2 montre l'artère du Hempstead et l'autoroute des US-290 dans la région de Houston.

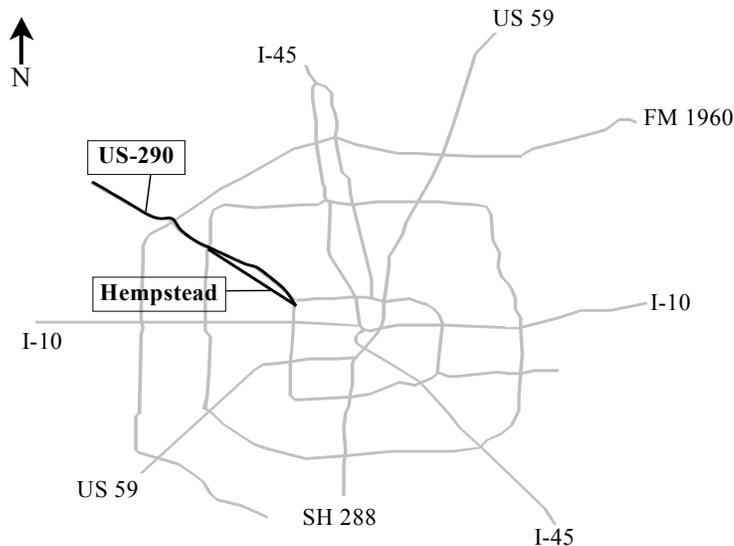


Schéma 2. Autoroute US-290 et artère Hempstead

MESURES D'EXÉCUTION CHOISIES

Le concept du transport durable peut être mesuré en employant des mesures d'exécution. Ces mesures sont adaptées d'adresser aux dimensions du transport durable et pourraient différer des centres d'intérêts conventionnels de congestion et de mobilité. Les sections suivantes décrivent comment les mesures d'exécution pour le transport durable sont identifiées. Il convient de noter que ce processus est basé sur l'approche de planification stratégique, qui est documentée ailleurs (Zietsman, 2002). La section suivante décrit les buts et les objectifs des couloirs d'essai desquels les mesures d'exécution ont été dérivées.

Le couloir de Tshwane

Les buts et les objectifs relatifs au transport qui influenceraient le MCDC peuvent être récapitulés comme suit (Strategy, 2001 et Transportation, 2001):

- Utiliser les moyens de transport pour soutenir la croissance économique
- Intégrer l'utilisation du terrain et la planification de transport
- Régler et contrôler efficacement le transport public
- Fournir un système de transport sûr et sécurisé
- Fournir une mobilité accessible pour tous
- Réduire au minimum les effets négatifs du transport sur l'environnement

Le couloir de Houston

Les buts et les objectifs relatifs au transport qui influenceraient le couloir Us-290 peuvent être récapitulés comme suit (Vision, 1997 et Metropolitan, 2000):

- Fournir un système de transport multi nodal
- Maintenir et améliorer les infrastructures existantes

- Coordonner l'utilisation du terrain et le développement de transport
- Augmenter l'accessibilité et les options de mobilité
- Protéger l'environnement
- Favoriser la conservation d'énergie
- Favorisent un système de transport rentable et accessible
- Améliorer la sûreté et la sécurité pour le système de transport.

Des mesures d'exécution choisies

Il peut être remarqué de la discussion précédente que les buts de durabilité pour le couloir de Tshwane (bien que différemment exprimé) sont semblables aux buts de durabilité pour le couloir de Houston.

Cependant, le procédé proposé dans cet article peut s'appliquer à des buts totalement différents, donnant lieu à des mesures d'exécution différents.

Le tableau 1 montre ces buts par rapport aux trois dimensions du transport durable ainsi que les mesures d'exécution spécifiques qui adresseraient les divers buts.

Buts de Durabilité du tableau 1 et mesures d'exécution choisies

Dimension de durabilité	Buts	Mesures d'exécution
Social	Maximiser la mobilité	Taux de trajets
	Maximiser la sûreté	Accidents par VMT
Economique	Maximiser l'accessibilité	coûts de trajet point à point
Environnemental	Minimiser air pollution	Emissions de VOC, CO, et NOx
	Minimiser l'utilisation d'énergie	Consommation de carburant

SE DÉVELOPPER ET APPLIQUER UN INDEX

La formulation de l'index

Des mesures d'exécution quantifiées par index peuvent être agrégées et pesées pour produire des mesures composées connues sous le nom d'indices (Better, 1997). Des indices sont souvent employés pour mesurer des tendances et pour contrôler le progrès vers un but. Dans ce contexte il est employé pour comparer un certain nombre de couloirs à différents attributs. Il y a plusieurs approches qui peuvent être suivies pour développer un index. L'index proposé pour cette recherche est basé sur l'approche de prise de

décision de multicritères. Cette approche a été choisie parce qu'elle tient compte d'un éventail d'objectifs considérés aux degrés variables d'importance relative. Il y a beaucoup de techniques de prise de décision multicritères disponibles mais pour cette analyse on l'a décidé d'employer multi attributs l'approche de la théorie d'utilité multi attributs (MAUT, Multi Attribut Utility Theory) parce que c'est une approche assez simple et intuitive à la prise de décision. En plus, il permet au décideur d'assigner les poids relatifs aux divers critères (Mickelson, 1998). La formulation de l'index durable de transport et des valeurs normalisés de critères est montrée dans les équations 1 et 2, respectivement. On peut voir dans l'équation 1 que la valeur d'index est déterminée comme somme pesée de valeurs normalisées de critères. Les valeurs des critères normalisés sont déterminées en employant une fonction de service multi attributs sur une échelle normalisé.

$$I_s = N_m W_m + N_p W_p + N_f W_f \quad (1)$$

$$N_j = f_j(s_j) \quad (2)$$

Où,

I_s = Valeur d'index de transport durable

N_m, N_p, N_f = Valeurs normalises de critères pour la mobilité, les émissions et la consommation de carburant, respectivement

W_m, W_p, W_f = Poids pour la mobilité, les émissions et la consommation de carburant, respectivement

$f_j(s_j)$ = fonction de service multi attributs sur une échelle normalisée.

s_j = Valeur du critère j

La détermination des poids

L'utilisation des poids est une issue controversée parce qu'elle ouvre l'analyse jusqu'à une certaine subjectivité. Elle pourrait, cependant, servir d'outil important pour assigner l'importance relative des divers facteurs comme perçu par les décideurs. Pour cette recherche une approche duelle a été suivie, une qui inclut des poids et une sans.

Typiquement, les poids sont dérivés par un processus interactif avec les décideurs. Une comparaison appareillée ou une approche simple de rang est employée pour dériver les poids. Pour cette recherche, les chercheurs ont assigné les poids finaux pour les mesures d'exécution basées sur des discussions avec des représentants de la ville de Tshwane et du Conseil plus grand de région de Houston-Galveston aussi bien qu'avec un groupe de chercheurs. Ces chercheurs ont individuellement déterminé les poids, puis, en tant que groupe, ont discuté les poids et ont développé une moyenne des poids révisés. On a trouvé, cependant, que les analyses avec et sans les poids ont produit les résultats assez

semblables. Dans l'intérêt de simplicité, les résultats montrés en cet article sont ceux sans poids (tous les attributs considérés également importants).

La détermination des critères évalués

Les valeurs des mesures d'exécution quantifiées (valeurs de critères) sont normalisées pour la comparaison parce qu'elles ont différentes unités de mesure. Les valeurs de critères normalisés sont déterminées en employant une fonction de service multi attributs sur une échelle normalisée.

L'échelle normalisée s'étend de zéro (la plus mauvaise exécution) à une (la meilleure exécution). La normalisation est employée parce que les différentes mesures d'exécution ont différentes unités de la mesure. Trois formes différentes - linéaire, concave, et convexe - ont été employées pour refléter la perception des conducteurs et/ou des organismes de planification au vu des différentes mesures d'exécution.

L'équation pour les fonctions de service simple attribut est montrée dans l'équation 3. Les formes des fonctions de service pour les diverses mesures d'exécution sont montrées sur le schéma 3.

$$\begin{aligned}
 U(x) &= a+bx && \text{when } c=0, \text{ ligne droite} \\
 &= a+be^{(-cx)} && c \neq 0, \text{ parabole}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

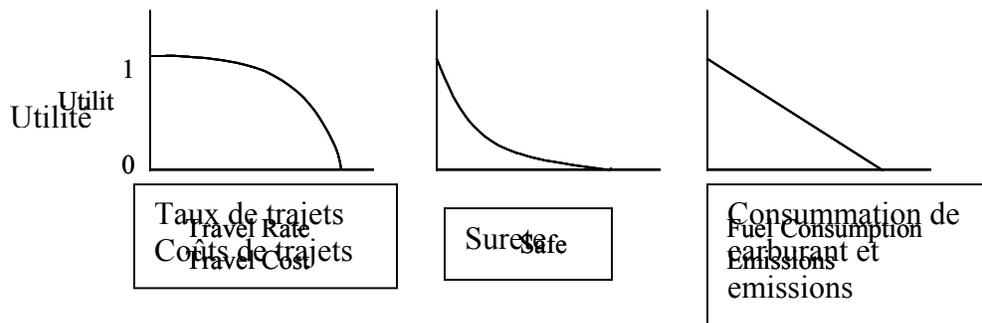


Schéma 3. Formes des fonctions de service

RÉSULTATS DE L'APPLICATION

Evaluation des mesures d'exécution

Le modèle de simulation de CORSIM a été employé pour déterminer les caractéristiques de la circulation telles que le volume, la vitesse, et le temps de trajet pour l'heure de pointe du matin. Les chercheurs utilisaient une base par kilomètre pour mesurer des mesures d'exécution pour chacun des liens des trois couloirs d'essai. Les diverses mesures d'exécution ont été calculées comme suit:

- le taux de trajet est le taux de mouvement en minutes par kilomètre, pour un segment spécifique de chaussée et est calculé en divisant le temps de trajet de segment par la longueur de segment
- Le taux d'accident est défini comme le nombre d'accident par miles de trajet par véhicule. Il a été défini à partir des données d'accident et des informations de volume
- la consommation de carburant a été déterminée avec un modèle instantané (IM, Instantaneous Model) basé sur l'énergie et développé par Akcelic (Biggs, 1986).
- des émissions ont été déterminées pour trois polluants, oxyde de carbone (CO), des composés organiques volatils (VOC) et des oxydes de l'azote (NOx). Le modèle d'émissions de MOBILE5a a été employé pour déterminer les taux nécessaires d'émission
- Le coût de trajet a été basé sur tout le coût lié au temps de trajet, la consommation de carburant, les émissions, l'entretien et les pneus, et la sûreté.

Calculs des valeurs d'index

Les valeurs d'index ont été basées sur les mesures d'exécutions mentionnées ci-dessus exceptées dans le cas de la ligne ferroviaire acheminant les gens au travail pour laquelle seulement le taux de trajet et le coût de trajet ont été employés. Les valeurs d'index ont été alors calculées en utilisant l'équation 1. Deux approches ont été employées pour comparer la durabilité sur une base de couloir. Dans la première approche, les chercheurs ont déterminé les index basés sur toutes les conditions du trafic sur le couloir. Pour cette approche, les mesures d'exécution ont été calculées pour les couloirs entiers. Dans la deuxième approche, les mesures d'exécution ont été calculées au niveau individuel du conducteur. La supposition était que les couloirs exécutent différemment basé sur les expériences des différents conducteurs plutôt que l'expérience du groupe dans son ensemble. Notez que dans les deux cas le même rendement de micro-simulation a été employé. Le schéma 4 montre les index finaux d'exécution pour les couloirs d'essai. Il est montré dans cette figure qu'il est possible de comparer les divers couloirs basés sur les valeurs d'index. Il est également clair entre qu'il y ait une différence considérable en valeurs d'index, entre l'approche individuel et l'approche globale, Pwv-9 et l'artère Hempstead ont la valeur d'index la plus élevée. Au niveau individuel, cependant, la ligne ferroviaire acheminant les gens au travail a la valeur d'index la plus élevée. Celles-ci sont différentes parce que, dans le cas global, l'exécution du système est considérée, tandis que dans le cas individuel l'exécution par individu est considérée. Par exemple, la consommation de carburant par kilomètre le long de l'artère Hempstead est assez basse par rapport à celle du volume élevé Us-290. Cependant, par individu, l'artère Hempstead a un taux beaucoup plus élevé de consommation de carburant par kilomètre qu'Us-290. Les mesures d'exécution telles que le taux de trajet, la consommation de carburant, les

émissions, et le coût de trajet ont la même tendance, ayant pour Hempstead un résultat meilleur qu'Us-290 au niveau de système et plus mauvais au niveau individuel.

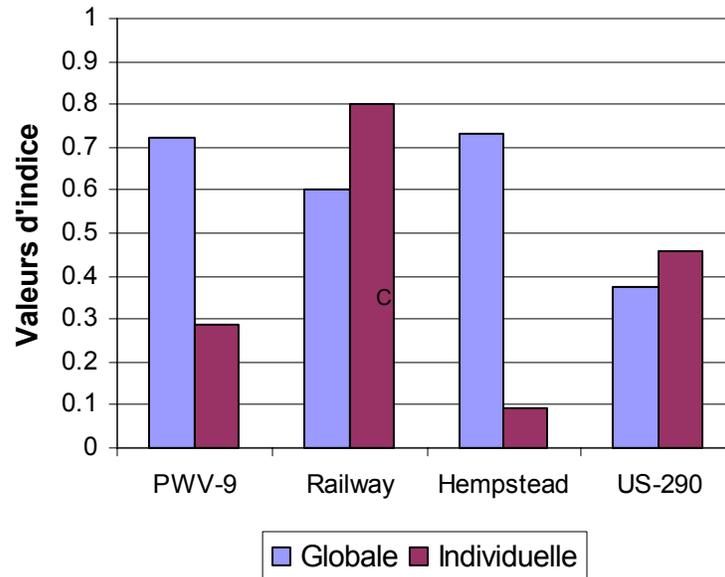


Schéma 4. Valeurs d'index pour des couloirs.

Le futur scénario d'année

Un des éléments les plus importants du transport durable est l'équité intergénérationnelle à travers lequel les besoins des générations actuelles et futures sont exprimés. Il est, donc, important d'évaluer le transport durable non seulement pour la situation et génération actuelle mais également pour l'avenir. Pour illustrer ce concept, des valeurs d'index durables de transport ont été déterminées pour un scénario qui était de dix ans dans le futur (2010). Toutes les mesures d'exécution exigées (taux de trajet pour, consommation de carburant, émissions, accidents, et trajet coûté) ont été quantifiées avec les volumes de trafic projetés sur l'avenir qui ont été basés sur des taux de croissance eux aussi projetés sur l'avenir pour Tshwane et Houston. Les mêmes procédures ont été suivies comme discuté ci-dessus pour mesurer les mesures d'exécution. Les mesures quantifiées ont pu alors être employées pour calculer les valeurs d'index prévues et pour les comparer à celle de la situation de base. Les valeurs d'index pour le cas de base et les années futures (de la perspective des voix amenant les personnes au travail) sont montrées sur le schéma 5. On peut voir dans cette figure qu'il n'y a pas une différence dramatique entre l'année de référence et les indices d'année de conception. Pwv-9 montre une diminution parce qu'il n'est actuellement pas entièrement encombré et le trafic additionnel affecte les valeurs d'exécution individuelle négativement. L'Us-290 d'autre part est déjà entièrement encombré et le trafic additionnel ne pourrait pas simplement atteindre l'autoroute, avant qu'une partie du trafic existant se soit dégagée, ce qui peut réellement avoir comme

conséquence le soulagement le long des voies principales, mais retarde énormément les rampes.

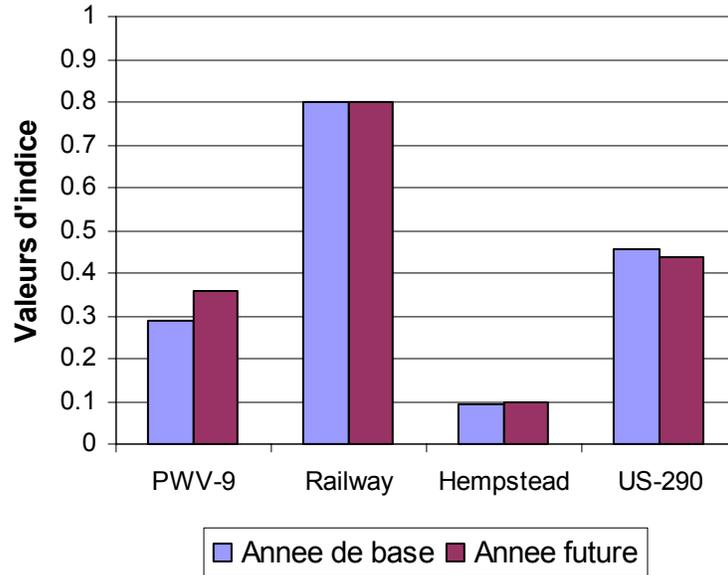


Schéma 5. Valeurs d'index pour des couloirs

EXEMPLE DE PRISE DE DÉCISION

Dans cet exemple l'objectif est de décider d'une section appropriée du couloir Pwv-9 qui devrait être élargi par une voie de sorte que le plus grand avantage en termes de transport durable puisse être réalisé. Pour cette analyse, l'autoroute Pwv-9 a été divisée en quatre sections ou liens séparés. Le schéma 6 montre une disposition schématique des diverses combinaisons de lien. Les diverses solutions de rechange (le statu quo y compris), aussi bien que leurs coûts estimatifs sont montrées dans le Tableau 2.

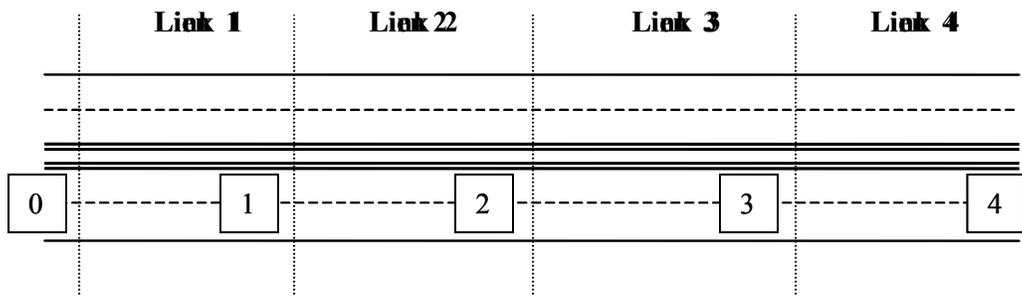


Schéma 6. Disposition schématique des combinaisons de lien.

Solutions de rechange du tableau 2 à évaluer

Alternatives	De lien a lien	Longueur total (Km)	Coût des Construction (Rand million)
0	0-0	0	0
1	0-1	5.92	11.8
2	0-2	10.96	21.9
3	0-3	16.93	33.9
4	0-4	20.30	40.6
5	1-2	5.04	10.1
6	1-3	11.01	22.0
7	1-4	14.38	28.8
8	2-3	5.98	12.0
9	2-4	9.34	18.7
10	3-4	3.36	6.7

Le calcul des valeurs d'utilité

Deux approches ont été employées pour illustrer leurs effets sur la décision finale. La première application emploie une analyse pure Valeur Actuel Net (NPW, Net Pure Worth) et considère les

Coûts et bénéficie du projet en termes monétaires. Dans la deuxième application l'approche MAUT a été employée et les effets sur le transport durable ont été considérés. De nouvelles simulations ont été exécutées pour chaque scénario, ayant pour résultat de nouvelles valeurs pour toutes les mesures d'exécution. Les valeurs de NPW et de MAUT ont pu être déterminées, basées sur les nouvelles valeurs des mesures d'exécution. Le schéma 7 montre les résultats de cette analyse. On peut voir dans cette figure que les deux approches NPW et MAUT l'alternative huit semble être la meilleure et l'alternative une le deuxième meilleur. Cependant, les placements restants diffèrent assez sensiblement entre les deux techniques. Les analyses illustrent, donc, que le type de méthodologie de prise de décision, et en particulier si les effets de durabilité sont inclus, ayez un effet direct sur la décision finale. L'approche MAUT a permis d'inclure une large gamme de problème de durabilité on recommande donc d'employer cette approche. Le décideur, cependant, a toujours besoins de choisir comment assigner le placement disponible une fois que les priorités sont déterminées.

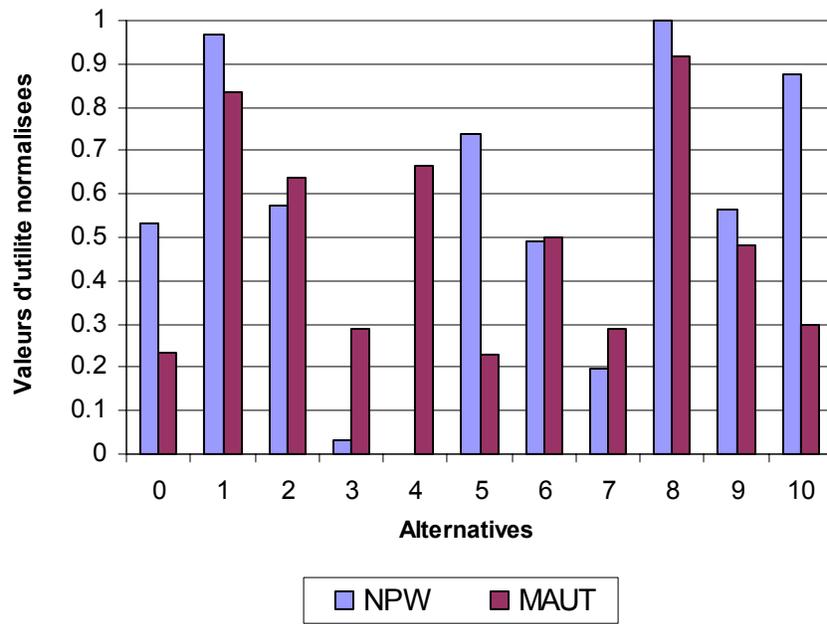


Schéma 7 Valeurs d'utilité normalisées sur la PWV-9

REMARQUES DE CONCLUSION

Cet article illustre comment les concepts du transport durable peuvent être incorporés au processus décisionnel par l'utilisation d'un index et d'une méthodologie nouvellement développés de prise de décision. Ce qui suit sont certaines des conclusions spécifiques:

- des mesures d'exécution ont été identifiées adressant les buts et objectifs des deux villes aussi bien que les trois dimensions du transport durable
- un index pour le transport durable a été développée, basé sur la théorie d'utilité multi attribut
- différentes valeurs d'index ont été obtenues selon la perspective considérée, celle du conducteur individuel ou du système
- il a été montré que l'index pourrait également être employé pour prévoir la durabilité pendant de futures années
- la méthodologie pourrait également être employé pour prendre des décisions concernant des projets de transport et on a montré que ces décisions sont différentes de celles qui considèrent seulement la valeur actuelle nette conventionnelle en termes monétaires. Les méthodologies proposées en cet article tiennent compte de la comparaison entre les couloirs, indépendamment de la classification fonctionnelle, des buts globaux, du mode, de l'année d'analyse, ou même des nations.

REFERENCES

1. *Better Understanding our Cities: The Role of Urban Indicators*. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France, 1997.
2. Biggs, D.C. and R. Akcelik. *An Energy-Related Model of Instantaneous Fuel Consumption*. ARRB, Australian Road Research Board, 1986.
3. Mickelson, R. P. *Synthesis of Highway Practice 267: Transportation Development Process*. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1998.
4. *Strategy for the Transportation Division*, City of Tshwane Metropolitan Municipality. Tshwane, South Africa, May 2001.
5. *The 2022 Metropolitan Transportation Plan*, Houston-Galveston Area Council. Houston, Texas, February 2000.
6. Transportation Planning, Operations, and Services in the City of Tshwane, City of Tshwane Metropolitan Municipality. Tshwane, South Africa, 2001.
7. *Vision 2020: Metropolitan Transportation Plan*, Houston-Galveston Area Council. Houston, Texas, October 1997.
8. Zietsman, J. and L.R. Rilett. *Sustainable Transportation: Conceptualization and Performance Measures*. Report SWUTC/02/167403-1, Southwest Region University Transportation Center, Texas A&M University System, College Station, Texas, March 2002.