

Sétra

Service d'études
sur les transports,
les routes et leurs
aménagement

Rapport d'étude

Fiabilité des temps de parcours Éléments de valorisation économique



Page laissée blanche intentionnellement

Préface

Alors que les projets d'infrastructures routières ont pour principal objectif de réduire les temps de déplacement, les mesures de gestion du trafic visent, elles, à fluidifier les conditions de circulation. Les méthodes actuelles de calcul de rentabilité économique sont basées sur la monétarisation des gains de temps : elles ignorent une part des avantages procurés par les projets de gestion du trafic à la collectivité : les gains de fiabilité des temps de parcours. Il semble aujourd'hui nécessaire d'adapter ces méthodes, en prenant en compte ces gains de fiabilité des temps de parcours dans le bilan socio-économique.

L'analyse bibliographique menée dans le cadre de ce rapport suggère que le temps gagné en fiabilité est valorisé entre 0,5 et 5 fois la valeur du temps, selon la durée des retards subis et la possibilité d'anticipation par les usagers. Cette analyse a également permis de donner quelques recommandations et pistes de progrès pour prendre en compte un gain de fiabilité monétarisé dans le bilan socio-économique d'un projet de transport.

Sommaire

Préface.....	3
Introduction	5
1 - Quelques éléments de contexte.....	6
1.1 - Quelles valeurs du temps pour l'évaluation des mesures de gestion du trafic ?.....	6
1.2 - Les valeurs du temps proposées dans le rapport « Boiteux 2 ».....	6
1.3 - Effet des mesures de gestion du trafic sur les temps de parcours.....	7
2 - La fiabilité des temps de parcours.....	8
2.1 - Des usagers à la recherche de temps de parcours plus fiables.....	8
2.2 - Différentes mesures de la fiabilité des temps de parcours.....	11
2.3 - Prise en compte de la fiabilité dans le coût du temps de transport.....	12
2.4 - Quelques enseignements à retirer de l'analyse bibliographique.....	15
3 - Quelques pistes de réflexion.....	21
3.1 - Prendre en compte la fiabilité des temps de parcours dans le bilan socio-économique.....	21
3.2 - Une autre méthode de monétarisation des gains de fiabilité apportés par les mesures de gestion du trafic.....	23
4 - En conclusion.....	27
4.1 - Bilan de l'analyse bibliographique.....	27
4.2 - Des besoins pour établir la valeur accordée à un gain de fiabilité.....	27
4.3 - Déroulé-type d'une étude de la valorisation de la fiabilité dans l'évaluation des projets de gestion du trafic.....	28
4.4 - Choix de l'indicateur de fiabilité.....	28
4.5 - Quelques pistes de progrès.....	29
Bibliographie.....	30
Annexes.....	32
Synthèse de résultats extraits de la littérature.....	32

Introduction

Cette étude, commandée par le Sétra, a pour but d'approfondir les connaissances du réseau scientifique et technique du Ministère sur les valeurs du temps et d'initier les travaux permettant à terme de proposer une valeur (ou une plage de valeurs) à utiliser dans le cadre de l'évaluation des mesures affectant la fiabilité des temps de parcours (notamment les mesures de gestion de trafic). Cette étude s'appuie essentiellement sur une revue bibliographique des valeurs du temps utilisées en France et dans le monde, aussi bien dans l'évaluation socio-économique formalisée que dans la littérature académique.

Ce rapport situe tout d'abord les modalités actuelles d'utilisation de valeurs tutélaires du temps et rappelle les effets que les mesures de gestion du trafic ont sur les temps de parcours des usagers (voir le chapitre 1). Il présente ensuite la notion de fiabilité des temps de parcours et propose notamment une définition de cette notion et des indicateurs pour la mesurer. Les principaux enseignements retirés de la revue bibliographique sont également synthétisés (voir le chapitre 2). Il se conclut enfin par quelques pistes pour prendre en compte l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours dans un bilan socio-économique, notamment pour évaluer l'efficacité des mesures de gestion du trafic (voir le chapitre 3).

1 - Quelques éléments de contexte

1.1 - Quelles valeurs du temps pour l'évaluation des mesures de gestion du trafic ?

La valeur du temps est un élément central des méthodes d'évaluation socio-économique des projets d'infrastructure de transport. Les valeurs tutélaires utilisées actuellement pour l'évaluation sont le fruit des travaux rendus en 2001 par la commission d'experts présidée par Marcel Boiteux, dans le rapport dit « Boiteux 2 » (Commissariat Général du Plan, 2001). Les mesures de gestion de trafic, au delà d'améliorer les temps de parcours, jouent aussi sur la fiabilité de ces temps de parcours. La question se pose aujourd'hui de savoir si les mesures de gestion de trafic peuvent être évaluées avec la même méthodologie qu'un projet d'infrastructure. Il s'agit en particulier de s'interroger sur la pertinence de transposer les valeurs tutélaires du temps à ces mesures de régulation de trafic.

1.2 - Les valeurs du temps proposées dans le rapport « Boiteux 2 »

Les gains de temps procurés par un projet sont valorisés dans le bilan socio-économique à l'aide des valeurs tutélaires du temps recommandées dans le rapport « Boiteux 2 ». Ces valeurs visent à représenter la synthèse des valeurs révélées par le comportement de l'ensemble des usagers. Elles sont normalisées afin de disposer de calculs de rentabilité comparables pour tous les projets évalués.

La commission d'experts a établi les valeurs figurant dans le rapport « Boiteux 2 » sur la base d'une revue de la littérature internationale, de résultats fournis par différents modèles de trafic et de l'exploitation des données obtenues sur le comportement des usagers suite à la mise en service du tunnel Prado-Carénage.

Les valeurs sont segmentées en fonction du type de déplacement (transport de voyageurs ou de marchandises) et de la distance parcourue (pour le transport interurbain de voyageurs) ou du motif (pour le transport urbain de voyageurs). Elles sont reportées en €₂₀₀₀ par heure (par voyageur) dans les tableaux suivants (tableaux 1 et 2) :

Type de déplacement	Transport urbain de voyageurs hors Ile-de-France ¹				Transport interurbain de voyageurs			
	Motif ou distance	Professionnel	Domicile-travail	Autres motifs	Moyenne	< 50 km	Distance d comprise entre 50 et 400 km	> 400 km
Valeur du temps (en € ₂₀₀₀ /h)		11,1 € (13,7 €)	10,0 € (12,2 €)	5,5 € (6,7 €)	7,6 € (9,3 €)	8,94 €	0,016*d + 8,1 €	14,5 €
Évolution de la valeur dans le temps	Les valeurs évoluent d'une année sur l'autre (en euros constants) comme la dépense de consommation finale des ménages (DCFM), avec une élasticité de 0,7.				Les valeurs évoluent d'une année sur l'autre (en euros constants) comme la DCFM, avec une élasticité de 0,7.			

Tableau 1 : Valeurs du temps pour le transport de voyageurs

¹Des valeurs spécifiques à l'Ile-de-France ont été établies dans le rapport « Boiteux 2 » et sont indiquées entre parenthèses dans les tableaux 1 et 2.

Type de déplacement	Transport de marchandises		
Nature du gain	Gains de temps pour les marchandises transportées	Variation des coûts d'exploitation des transporteurs	Total (valeur de référence, calculée pour un chargement moyen de 15 t)
Valeur du temps (en € ₂₀₀₀ /h)	0,45 € par tonne de marchandises	31,4 €	38,15 €
Évolution de la valeur	Cette valeur évolue d'une année sur l'autre (en euros constants) comme le produit intérieur brut, avec une élasticité de 2/3.	Cette valeur reste stable dans le temps (en euros constants).	

Tableau 2 : Valeurs du temps pour le transport de marchandises

1.3 - Effet des mesures de gestion du trafic sur les temps de parcours

Les mesures de gestion du trafic sont une réponse apportée aux problèmes récurrents de fonctionnement d'un réseau, qui sont provoqués par :

- des diminutions temporaires de la capacité d'un axe à écouler le trafic (chantier ou accident par exemple) ;
- des augmentations temporaires de la demande de trafic (congestion aux heures de pointes par exemple).

Ces mesures ont également des effets annexes sur la gestion des événements non-récurrents, qu'ils soient programmés ou anticipés (anticipation de mauvaises conditions météorologiques par exemple) ou imprévisibles (accident par exemple).

Le tableau suivant (tableau 3) indique les principales mesures mises en place par les gestionnaires de réseaux pour atteindre ces objectifs :

Principales mesures mises en place par les gestionnaires	Mécanismes à l'oeuvre sur les temps de parcours	
	Effet principal	Autres effets
Interdictions de dépasser pour les poids-lourds	Augmentation de la vitesse sur les voies de gauche, meilleure régularité des vitesses pour les VL	Réduction du nombre d'incidents
Régulation dynamique des vitesses	Conservation d'un débit élevé, le plus longtemps possible, en deçà de la saturation	Réduction du nombre d'accidents
Gestion dynamique des voies	Augmentation de la capacité des voies	
Régulations d'accès	Régulation de la demande de trafic afin d'éviter la saturation sur la section courante	
Information aux usagers en temps réel	Amélioration de l'information sur les conditions de circulation diffusée auprès des usagers, permettant un choix d'itinéraire et d'horaire de déplacement éclairé	

Tableau 3 : Effets des mesures de gestion du trafic sur la fiabilité des temps de parcours (traitement des problèmes récurrents et non-récurrents)

(CETE de Lyon, 2011a)

(CETE de Lyon, 2010 ; CETE de Lyon, 2011b)

Les mesures de gestion du trafic permettent aux exploitants d'améliorer la fluidité des conditions de circulation sur leur réseau, en évitant ou en retardant l'apparition de la congestion (par la régulation de la demande ou l'augmentation de la capacité des sections par exemple) et en limitant l'effet des incidents sur les temps de parcours (par l'amélioration de l'information aux usagers par exemple).

Au-delà de l'atténuation des pics de congestion, ces mesures sont aussi susceptibles d'améliorer significativement la régularité des temps de parcours. Ces gains pour les usagers ne sont aujourd'hui pas valorisés dans les bilans socio-économiques des projets de gestion de trafic. Ce rapport vise à apporter des éléments théoriques et opérationnels pour faciliter cette valorisation.

2 - La fiabilité des temps de parcours

Les usagers préparent leurs déplacements en fonction d'une organisation de leurs activités qui se complexifie, aussi bien pour les entreprises (gestion des stocks à flux tendus, intensification des interactions entre les entreprises, ...) que pour les particuliers (développement des loisirs, dispersion géographique, ...). Les usagers deviennent donc de plus en plus vulnérables aux perturbations qui peuvent affecter leurs déplacements et recherchent par conséquent des temps de parcours plus fiables.

Ce chapitre va tout d'abord s'intéresser à cette demande croissante de fiabilité (voir le paragraphe 2.1), en s'attachant notamment à définir cette notion. Il indique ensuite différentes mesures de la fiabilité des temps de parcours utilisées actuellement (voir le paragraphe 2.2). Il s'agit d'indicateurs employés aussi bien par les exploitants, pour mesurer la performance de leurs réseaux, que par les économistes et statisticiens, pour valoriser la fiabilité dans le coût du temps de transport (voir le paragraphe 2.3).

Le chapitre se conclut enfin par une synthèse des enseignements retirés de l'analyse bibliographique (voir le paragraphe 2.4), en vue notamment d'une monétarisation de la fiabilité des temps de parcours dans un bilan socio-économique.

2.1 - Des usagers à la recherche de temps de parcours plus fiables

2.1.1 - Une définition de la fiabilité des temps de parcours

Le temps de parcours entre une origine et une destination données varie en fonction de facteurs exogènes, qui ont pour conséquences :

- des retards prévisibles, que les usagers peuvent anticiper par rapport à un trajet en situation fluide ;
- des retards imprévisibles, aussi bien liés à la demande (pic de congestion imprévu par exemple) qu'à l'offre de transport (incidents, phénomènes naturels, mauvaise gestion, ...).

Les usagers anticipent donc une part de la variabilité des temps de parcours, liée à des événements prévisibles desquels ils sont informés, ou auxquels ils peuvent s'attendre à l'heure à laquelle ils se déplacent en prenant par exemple une marge de précaution ou « pied de pilote » (figure 1).

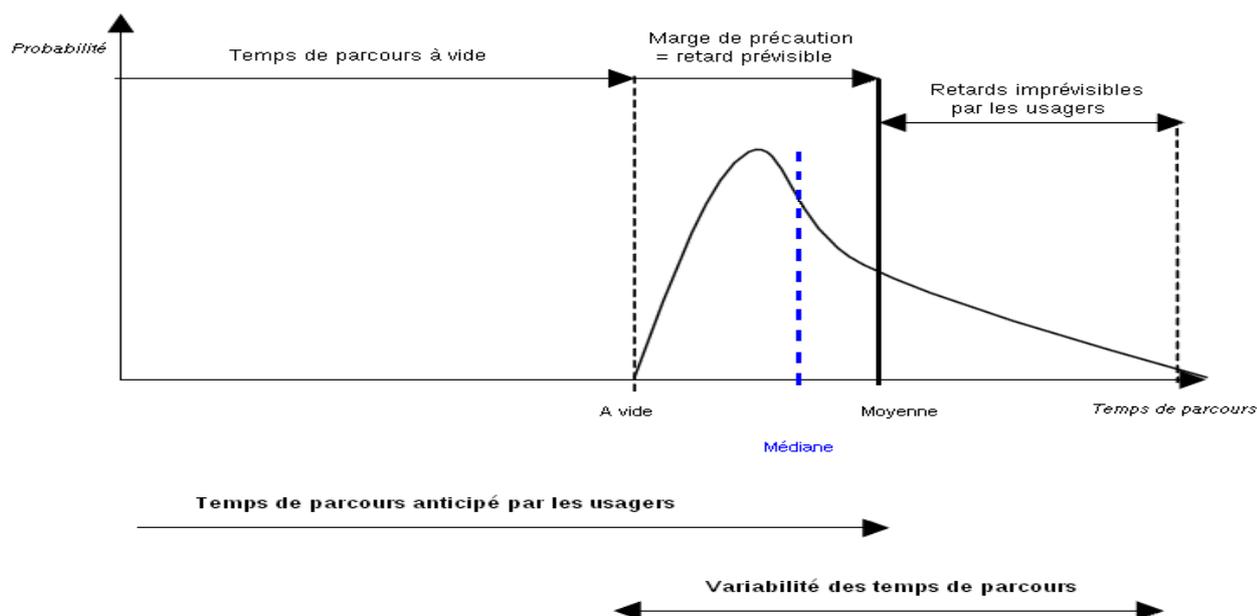


Figure 1 : Distribution des temps de parcours et arbitrages des usagers (source : Hamer et al., 2004)

Les retards imprévus, liés à des événements ayant des probabilités d'occurrence plus faibles que les retards prévisibles et/ou pour lesquels les usagers ne disposent pas d'informations ni d'anticipations (figure 2), ne sont eux pas pris en compte au moment des arbitrages opérés pour effectuer les choix de déplacement et, en particulier, pour anticiper le risque de retard.

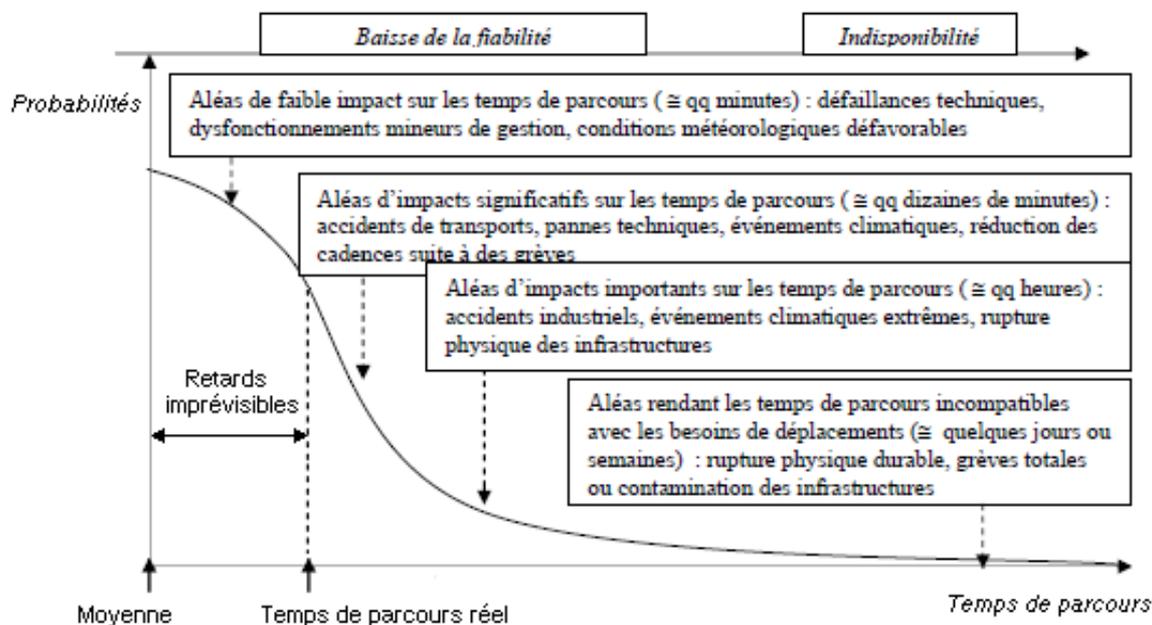


Figure 2 : Effets des événements imprévisibles sur les temps de parcours (source : Delache, 2008)

La fiabilité des temps de parcours est définie par l'OCDE comme « la capacité du réseau de transport à offrir la qualité de service escomptée, en fonction de laquelle les usagers ont organisé leurs activités » (OCDE, 2009). Ceux-ci ajustent en effet leurs horaires pour prendre en compte les retards prévisibles mais sont « plus vulnérables et moins tolérants aux retards imprévisibles » : la fiabilité peut donc également être définie en tant que mesure de ces retards imprévisibles (FHWA, 2006).

2.1.2 -Le coût du manque de fiabilité pour les usagers

La marge de précaution que les usagers anticipent avant de se déplacer résulte d'un arbitrage entre le temps perdu à destination (si le retard est inférieur à la marge de précaution) et le coût de la désorganisation des activités prévues à l'arrivée (si le retard est supérieur à la marge de précaution). Sa durée dépend de l'aversion des usagers au risque de perturbation de leurs activités et de leur perception du risque de défaillance des transports (Delache, 2008). Ce temps de précaution est assimilé par les usagers à du temps de déplacement dans leur processus de décision : les usagers lui accordent donc implicitement une valeur identique.

Une défaillance imprévue des transports peut affecter les arbitrages des usagers et l'organisation de leurs activités (annulation(s), retard(s) ou report(s)). Par conséquent, lorsque les usagers subissent un retard imprévisible et voient l'organisation de leurs activités à l'arrivée perturbée, ils supportent un coût de non-fiabilité des transports correspondant au coût de cette désorganisation (figure 3), qui varie en fonction de la nature des activités (valeur de l'activité à destination et possibilité de retard).

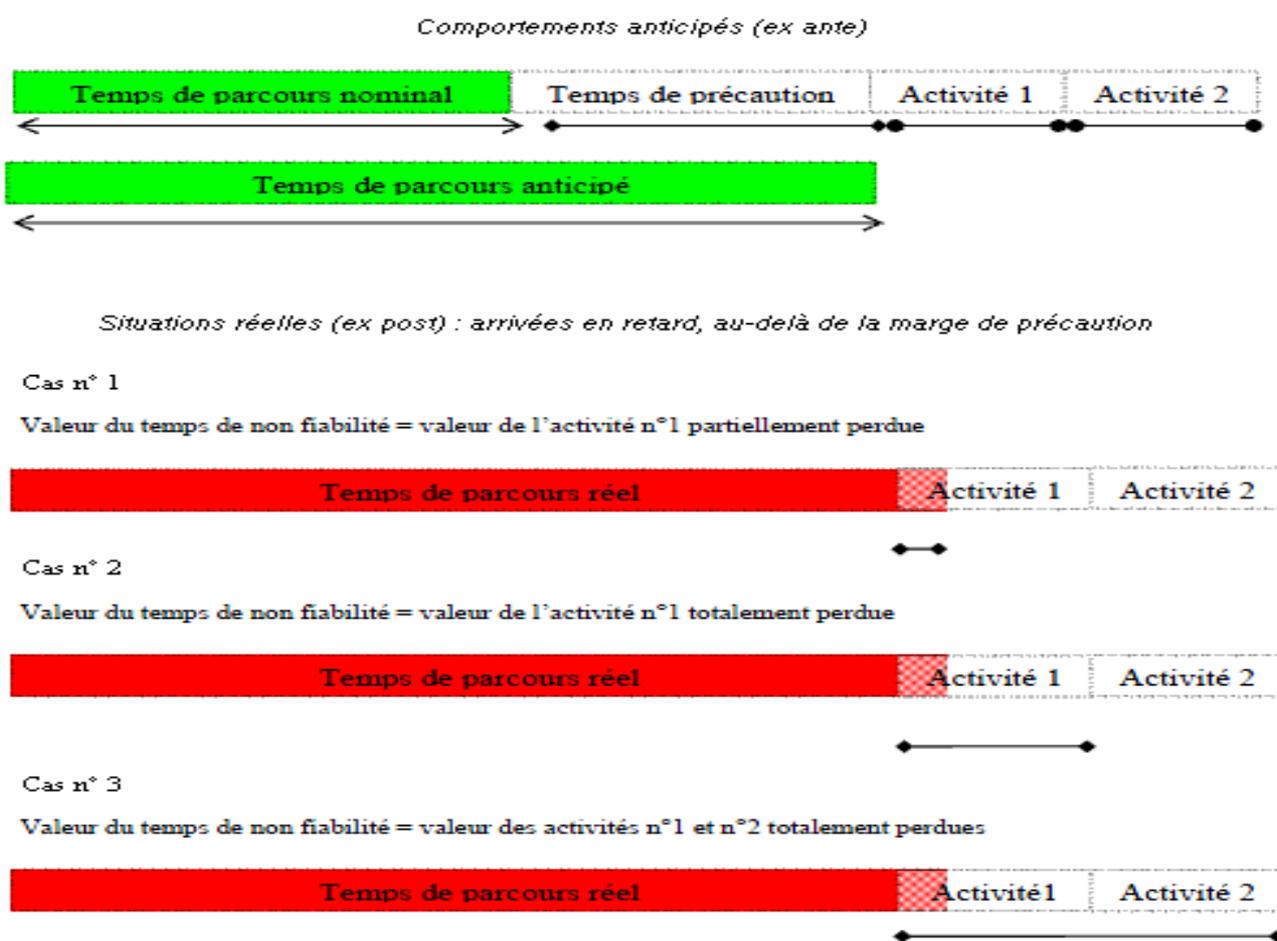


Figure 3 : Effets du manque de fiabilité des temps de transport sur les activités des usagers (source : Delache, 2008)

2.2 - Différentes mesures de la fiabilité des temps de parcours

2.2.1 - L'écart-type de la distribution des temps de parcours

La variabilité peut être mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours, qui donne une estimation de leur variabilité globale autour du temps de parcours moyen. Cette méthode de mesure présente deux avantages :

- le coût de la variabilité des temps de transport peut être valorisé grâce à des modèles « moyenne-variance » (voir le paragraphe 2.3.2), dans lesquels l'écart-type de la distribution des temps de parcours est une donnée d'entrée ;
- elle est facile à mettre en œuvre, car elle ne nécessite pas une connaissance exhaustive de la distribution des temps de parcours : il suffit d'en connaître la moyenne et l'écart-type.

Pour certains profils (distribution asymétrique ou existence de plusieurs modes statistiques), la seule connaissance de données agrégées ne permet toutefois pas de donner une représentation satisfaisante de la distribution des temps de parcours (Certu, 2008).

L'écart-type peut être utilisé soit tel quel, soit rapporté à la moyenne des temps de parcours.

2.2.2 - Les quantités de distribution

La variabilité doit refléter l'amplitude et l'asymétrie éventuelle des temps de parcours pour un même trajet, ce qui n'est pas le cas avec le seul écart-type de la distribution (voir le paragraphe 2.2.1). D'autres mesures sont donc utilisées pour prendre en compte ces caractéristiques. Elles sont basées sur l'observation des centiles de la distribution des temps de parcours (le temps de parcours moyen du N-ième centile est noté P_N par la suite) :

- le ratio caractérise l'asymétrie de la distribution des temps de parcours ;
- le ratio indique l'amplitude de cette distribution.

(NB: Ces ratios posent toutefois un problème de compréhension pour les non-initiés aux statistiques, ce qui rend difficile leur utilisation pour une enquête auprès des usagers.)

2.2.3 - Les indicateurs de performance des réseaux

Une dernière catégorie de mesure de la variabilité des temps de parcours peut être citée. Il s'agit des indicateurs de performance des réseaux, développés pour la plupart aux États-Unis et destinés principalement à l'information des usagers.

Les principaux indicateurs de performance des réseaux et leur champ d'application sont reportés dans le tableau suivant (tableau 4) :

Nom de l'indice	Calcul de l'indicateur	Champ d'application
<i>Planning time index</i> (FHWA, 2006)	_____	Anticiper le temps de parcours nécessaire pour arriver à l'heure (dans 95 % des cas) en connaissant le temps de parcours à vide.
<i>Buffer index</i> (FHWA, 2006)	$\frac{P_{95} - \text{temps de parcours moyen}}{\text{temps de parcours moyen}}$	Anticiper le temps de parcours nécessaire pour arriver à l'heure (dans 95 % des cas) en connaissant le temps de parcours moyen.
	$\frac{P_{80-100} - \text{temps de parcours moyen}}{\text{temps de parcours moyen}}$	
<i>Misery index</i> (Lomax et al., 2003)	_____	Estimer le niveau de régularité en situation dégradée en connaissant le temps de parcours moyen.

Tableau 4 : principaux indicateurs de performance utilisés pour mesurer la fiabilité des réseaux

Il s'agit d'indicateurs fonctionnels pouvant être utilisés *a posteriori* par les exploitants pour évaluer la performance de leurs réseaux en termes de fiabilité des temps de parcours. Leur emploi pour une évaluation *a priori* paraît toutefois compliquée, au vu de la difficulté à reconstituer *ex ante* une distribution des temps de parcours.

LP₈₀₋₁₀₀ correspond au temps de parcours moyen des deux derniers déciles, c'est-à-dire les 20 % de temps de parcours les plus longs.

2.3 - Prise en compte de la fiabilité dans le coût du temps de transport

2.3.1 - Les modèles de choix d'horaire (« scheduling choice »)

Présentation du modèle

Les choix de déplacements des usagers sont motivés par un motif de déplacement (activité à destination) et un horaire d'arrivée planifié (« preferred arrival time »). Le choix de l'horaire de départ résulte des arbitrages effectués entre la valeur de l'activité à l'origine, le temps d'attente à l'arrivée et la valeur de l'activité à destination.

Le premier modèle théorique de choix d'horaires a été développé à la fin des années soixante (Vickrey, 1969 ; Small, 1982), pour décrire la réorganisation des départs des usagers observée suite à la formation de files d'attente en situation de congestion. La forme la plus utilisée actuellement pour ce modèle donne le coût du temps C pour un usager partant à l'horaire t et souhaitant arriver à l'horaire t* :

$$C(t) = \alpha.\mu(t) + \beta.SDE(t) + \gamma.SDL(t)$$

avec $\mu(t)$ le temps moyen du trajet en fonction de l'horaire de départ t , qui suit une loi de distribution aléatoire T_t

SDE le temps d'arrivée en avance (« *schedule delay early* »), défini par $SDE(t) = \max(0, t^* - (t + \mu(t)))$

SDL le temps d'arrivée en retard (« *schedule delay late* »), défini par $SDL(t) = \max(0, (t + \mu(t)) - t^*)$

α le coût du temps de trajet, β le coût du temps d'arrivée en avance et γ le coût du temps d'arrivée en retard (ces paramètres sont spécifiques à chaque usager : ils dépendent en particulier de leurs caractéristiques socio-économiques).

Le terme $\beta.SDE + \gamma.SDL$ constitue le surcoût du temps lié au manque de fiabilité des temps de transport pour les usagers.

Horaire de départ optimal

Le modèle de choix d'horaire est construit à partir du choix de l'horaire de départ et de l'horaire d'arrivée planifié par les usagers pour l'organisation de leurs déplacements. Il est possible, sous certaines hypothèses, de calibrer le modèle (estimation des paramètres α , β et γ) sans connaître le choix de l'horaire de départ des usagers. Les deux principales hypothèses nécessaires sont les suivantes :

- les usagers effectuent un choix optimal du point de vue économique (recherche de la fonction de coût C minimum) ;
- le temps de parcours anticipé est indépendant de l'horaire de départ ($T_t = T$) ;

L'horaire de départ optimal est alors déterminé en fonction de la distribution des temps de parcours¹ (Brems, 2007).

Valeur du temps gagné et valeur du temps perdu par les usagers

Les arrivées en retard et les arrivées en avance sont distinguées et valorisées à des niveaux différents dans le modèle de choix d'horaire, afin de permettre une meilleure représentation des choix de déplacement des usagers en fonction de leurs préférences (l'aversion au risque d'avance ou de retard varie en fonction du motif de déplacement par exemple : voir le paragraphe 2.4.1).

Un surcoût θ est parfois accordé aux arrivées en retard, indépendamment de la durée de ce retard (la durée de ce retard est valorisé par ailleurs via le paramètre de coût γ). Pour un usager optimisant son horaire de départ et souhaitant arriver à l'horaire t^* , le coût du temps C s'écrit alors :

$$C = \alpha.\mu + \beta.SDE + \gamma.SDL + \theta.P_L$$

avec P_L la probabilité d'arriver en retard (au-delà de la marge de sécurité prise par les usagers)

2.3.2 -Les modèles moyenne-variance (« *mean-variance* »)

Présentation du modèle

Les usagers subissent des coûts supplémentaires (désorganisation des agendas et désagrément lié aux temps d'attente) lorsque leur temps de parcours est affecté par des variations imprévisibles (ce qui exclut les perturbations liées à la congestion journalière). Ils effectuent donc, pour leurs choix de déplacements, des arbitrages entre la durée moyenne de leur parcours et le risque de subir un retard imprévu. Le modèle moyenne-variance propose un coût du temps C établi à partir de données de temps de parcours, qui prend en compte ces arbitrages (Black et Towriss, 1993 ; Bates et al., 2001) :

$$C = \alpha.\mu + \lambda.\sigma$$

avec une distribution des temps de parcours (celle-ci est supposée constante dans le temps : voir le paragraphe 2.3.1), de moyenne μ et de variance σ^2

α le coût du temps de trajet et λ le coût de la variabilité des temps de trajet

Le terme $\lambda \cdot \sigma$ constitue le surcoût du temps lié au manque de fiabilité des temps de transport pour les usagers.

Ratio de fiabilité (« *reliability ratio* »)

Le ratio de fiabilité RR (« *reliability ratio* ») est défini par le rapport entre le coût de la variabilité du temps de trajet λ et le coût du temps de trajet α : $RR = \lambda / \alpha$ (Black et Towriss, 1993). Ce ratio dépend, d'une part, de la forme de la distribution des temps de parcours T et, d'autre part, de l'aversion des usagers aux risques d'avance et de retard (Bates et al., 2001).

Les exemples de modèle moyenne-variance où le coût du temps C s'exprime en fonction d'un ratio de fiabilité RR sont nombreux dans la littérature (notamment DfT, 2009) :

$$C = \alpha \cdot (\mu + RR \cdot \sigma)$$

2.3.3 -Relation entre le modèle de choix d'horaire et le modèle moyenne-variance

Les notations employées ici reprennent celles utilisées dans le paragraphe consacré au modèle de choix d'horaire (voir le paragraphe 2.3.1).

La loi de distribution aléatoire des temps de parcours T_t peut s'écrire sous la forme $T_t = \mu(t) + \sigma(t) \cdot X$, avec X la distribution centrée réduite des temps de parcours. En considérant cette dernière constante au cours du temps¹ et en supposant que les usagers choisissent de façon optimale leur horaire de départ, il est alors possible d'aboutir à un modèle moyenne-variance à partir d'un modèle de choix d'horaire (Fosgerau et Karlström, 2007) :

$$C(t) = \alpha \cdot \mu(t) + (\beta + \gamma) \cdot H(X, \beta, \gamma) \cdot \sigma(t)$$

avec H une fonction dépendant de la forme de la distribution des temps de parcours (indépendamment du type de distribution : il suffit que sa valeur centrée réduite soit constante au cours du temps)

Le terme $(\beta + \gamma) \cdot H$ correspond à la valeur de la variabilité des temps de parcours et l'écart-type σ de la distribution des temps de parcours constitue la mesure de cette variabilité.

Cette relation entre les deux principaux modèles économiques utilisés actuellement pour valoriser la variabilité de temps de transport justifie l'utilisation de l'écart-type σ en tant que mesure de la fiabilité :

- cette donnée est relativement accessible et ne nécessite pas la mise en œuvre de lourds dispositifs d'enquêtes pour être obtenue ;
- il permet de s'affranchir de l'emploi de données sur les préférences des usagers concernant leur horaire d'arrivée planifié, difficiles à obtenir et à manipuler.

¹L'horaire de départ optimal t_0 choisi par les usagers correspond au temps de trajet donné par $F(T(t_0)) = \gamma / (\beta + \gamma)$, en notant F la fonction de répartition de la distribution T des temps de parcours. Il faut rappeler que le temps de trajet anticipé par les usagers pour choisir cet horaire de départ comprend une marge de précaution, qui s'ajoute au temps prévu pour le déplacement.

¹Cette hypothèse est en général vérifiée, excepté pour les déciles les plus importants sur certaines sections urbaines (Fosgerau et Fukuda, 2010) : ces écarts sont principalement dus à des événements extrêmes, qui entraînent un allongement très important des temps de parcours.

2.4 - Quelques enseignements à retirer de l'analyse bibliographique

Une synthèse des documents analysés est fournie en annexe (voir l'annexe A).

2.4.1 - Sur les valeurs relevées dans la littérature

Les valeurs relevées dans la littérature pour monétariser la variabilité des temps de parcours sont très largement issues d'enquêtes de préférences déclarées. L'analyse bibliographique s'est principalement intéressée aux enquêtes menées auprès d'échantillons d'utilisateurs de la VP (généralement des utilisateurs pendulaires du matin).

Valeur du temps gagné et valeur du temps perdu par les usagers

Les résultats des études empiriques (notamment Small, 1982 ; De Palma et Fontan, 2001 ; Asensio et Matas, 2007) montrent que :

- les usagers accordent une valeur plus importante au temps perdu (arrivée en retard) qu'au temps gagné (arrivée en avance) ;
- le coût du temps perdu est plus élevé que le coût du temps de déplacement.

Ceci illustre notamment le fait que le temps de retard conduit l'utilisateur à annuler des activités, ce qui peut lui être particulièrement dommageable.

Le tableau suivant (tableau 5) indique quelques ordres de grandeurs pour le coût du temps perdu γ par rapport au coût du temps gagné β et à la valeur du temps α :

Publications	γ / β	γ / α
Small, 1982	3,9	2,4
Small et al., 1999	11,1 pour moins de 5 min d'avance 4,0 pour une avance de 5 à 10 min 2,4 pour une avance de 10 à 15 min	4,8
De Palma et Fontan, 2001	4,9	1,8
Tseng et al., 2005	3,1 pour des retards « anticipables » 4,2 pour des retards imprévus	1,5 pour des retards « anticipables » 2 pour des retards imprévus
Hollander, 2005	2,8	2,1
Asensio et Matas, 2007	4,9	2,3

Tableau 5 : Coût du temps gagné et coût du temps perdu extraits de différentes études

Il faut noter que les premières minutes de temps perdu sont ressenties moins négativement par les usagers que les suivantes (Kouwenhoven et al., 2006). En particulier, les minutes de retard au-delà de la marge de sécurité anticipée (qu'on peut qualifier de « retard imprévu ») sont valorisées beaucoup plus fortement par les usagers (Tseng et al, 2005).

Le coût du temps gagné augmente également avec la durée d'arrivée en avance (Small et al., 1999 ; Tseng et al, 2005).

Ratios de fiabilité

Les résultats des études empiriques (notamment Hamer et al., 2004 ; Eliasson, 2004 ; Small et al., 2005 ; Asensio et Matas, 2007) indiquent que les usagers accordent à la variabilité de leurs temps de parcours une valeur comprise entre 0,5 et 1,5 fois le coût de ce temps de parcours. Le tableau suivant (tableau 6) indique des valeurs de ratios de fiabilité extraits de la littérature la plus récente :

Ce tableau fournit en général le rapport entre la valeur de l'écart-type des temps de parcours et la valeur de la moyenne des temps de parcours, sauf pour une étude qui s'intéresse à la distribution des retards.

Publications	Ratio de fiabilité pour les usagers de la VP
Bates et al., 2001	1,3
Hamer et al., 2004	0,8
Eliasson, 2004	[0,49 ; 0,95] pour la variabilité quotidienne des temps de parcours [3,5 ; 5,3] pour les longs retards imprévus
Small et al., 2005	[0,95 ; 1,40]
Hollander, 2005	0,7
Asensio et Matas, 2007	0,98

Tableau 6 : Ratios de fiabilité extraits de différentes études

Ces ratios, qui permettent de valoriser la fiabilité des temps de parcours, distinguent rarement la variabilité quotidienne des temps de parcours (liée principalement à la congestion) des longs retards imprévus. Ces derniers représentent pourtant un coût beaucoup plus important pour les usagers, avec une valeur du temps perdu de l'ordre de 3 à 5 fois la valeur du temps de déplacement (Eliasson, 2004). L'utilisation d'un ratio moyen unique entraîne donc une sous-estimation du gain lié à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours lorsqu'il s'agit d'évaluer les effets d'un projet de gestion de trafic sur les longs retards imprévus (réduction du nombre et/ou de la durée).

Dispersion des valeurs en fonction des catégories d'usagers

La demande de régularité varie en fonction du comportement des usagers, ce qui explique en partie la dispersion des valeurs relevées dans la littérature. Le tableau suivant (tableau 7) reprend les principales caractéristiques des usagers et de leurs déplacements ayant une influence sur cette demande :

Caractéristique des usagers ou de leurs déplacements	Effets observés sur la demande de régularité	Publications
Déplacements contraints	La demande de régularité est plus forte chez les navetteurs que pour les autres motifs de déplacements (jusqu'à 2 fois plus élevée).	Small et al., 1999 Eliasson, 2004
	Le coût d'arrivée en retard est plus élevé lorsque les horaires de déplacement sont contraints (de 1,5 à 3,5 fois la valeur du temps selon la contrainte, avec une valeur moyenne égale à 2,3 fois la valeur du temps).	Asensio et Matas, 2007
Niveau de revenus	Les coûts du temps et d'arrivée en avance augmentent avec le niveau de revenu, mais le coût d'arrivée en retard diminue en fonction de ce dernier. Ceci reflète l'idée que les revenus faibles ont une moindre capacité de s'accommoder des retards imprévus.	Small et al., 1999 Tseng et al., 2005
Caractéristiques démographiques des usagers	Le coût d'arrivée en retard est plus élevé pour les personnes ayant des enfants, du fait des contraintes plus importantes qu'ils doivent gérer.	Small et al., 1999 Eliasson, 2004

Tableau 7 : Critères de dispersion des valorisations de la fiabilité extraits de différentes études

2.4.2 - Sur le choix des modèles théoriques

Il existe deux méthodes pour valoriser la fiabilité des temps de parcours : le modèle de choix d'horaire et le modèle moyenne-variance (voir le paragraphe 2.3). Le choix du modèle repose, d'une part, sur sa pertinence théorique (choix de valeurs représentant au mieux les préférences des usagers) et, d'autre part, sur sa possible mise en œuvre opérationnelle dans une analyse coûts-avantages (disponibilité des données nécessaires au calcul).

Utilisation du modèle de choix d'horaire

Le modèle de choix d'horaire nécessite de connaître les préférences des usagers pour déterminer les coûts du temps d'arrivée en avance et en retard. Ces préférences concernent notamment l'horaire d'arrivée planifié, dont la connaissance nécessite la réalisation d'enquêtes auprès des usagers. Les questions posées au cours de ces enquêtes peuvent parfois porter sur des concepts que les usagers maîtrisent peu (la notion de probabilités par exemple) et entraîner un risque de biais sur les résultats déclarés (Kouwenhoven et al., 2006 ; FHWA, 2006).

Le modèle de choix d'horaire semble également difficile à mettre en œuvre de manière opérationnelle, dans l'analyse coûts-avantages d'un investissement, car il nécessite de connaître les horaires d'arrivée planifiés par les usagers.

Utilisation du modèle moyenne-variance

Les données nécessaires pour calculer un avantage lié à l'amélioration de la variabilité des temps de transport à l'aide de la méthode moyenne-variance (évolution de l'écart-type de la distribution des temps de parcours) sont plus facilement mobilisables que celles imposées par l'utilisation d'un modèle de choix d'horaire.

Le modèle moyenne-variance présente toutefois deux inconvénients majeurs, liés à sa construction à partir de l'écart-type de la distribution des temps de parcours (voir le paragraphe 2.2.1) :

- le modèle est symétrique : il néglige par conséquent les dissymétries généralement observées sur les distributions réelles de temps de parcours (Van Lint et al., 2008), qui évoluent en fonction de la période d'observation (voir figure 4) ;

- le modèle reflète une dispersion « moyenne » : à ce titre, il rend bien compte de la variabilité quotidienne des temps de parcours et a tendance à sous-estimer la durée des longs retards imprévus (du fait de leur faible fréquence).

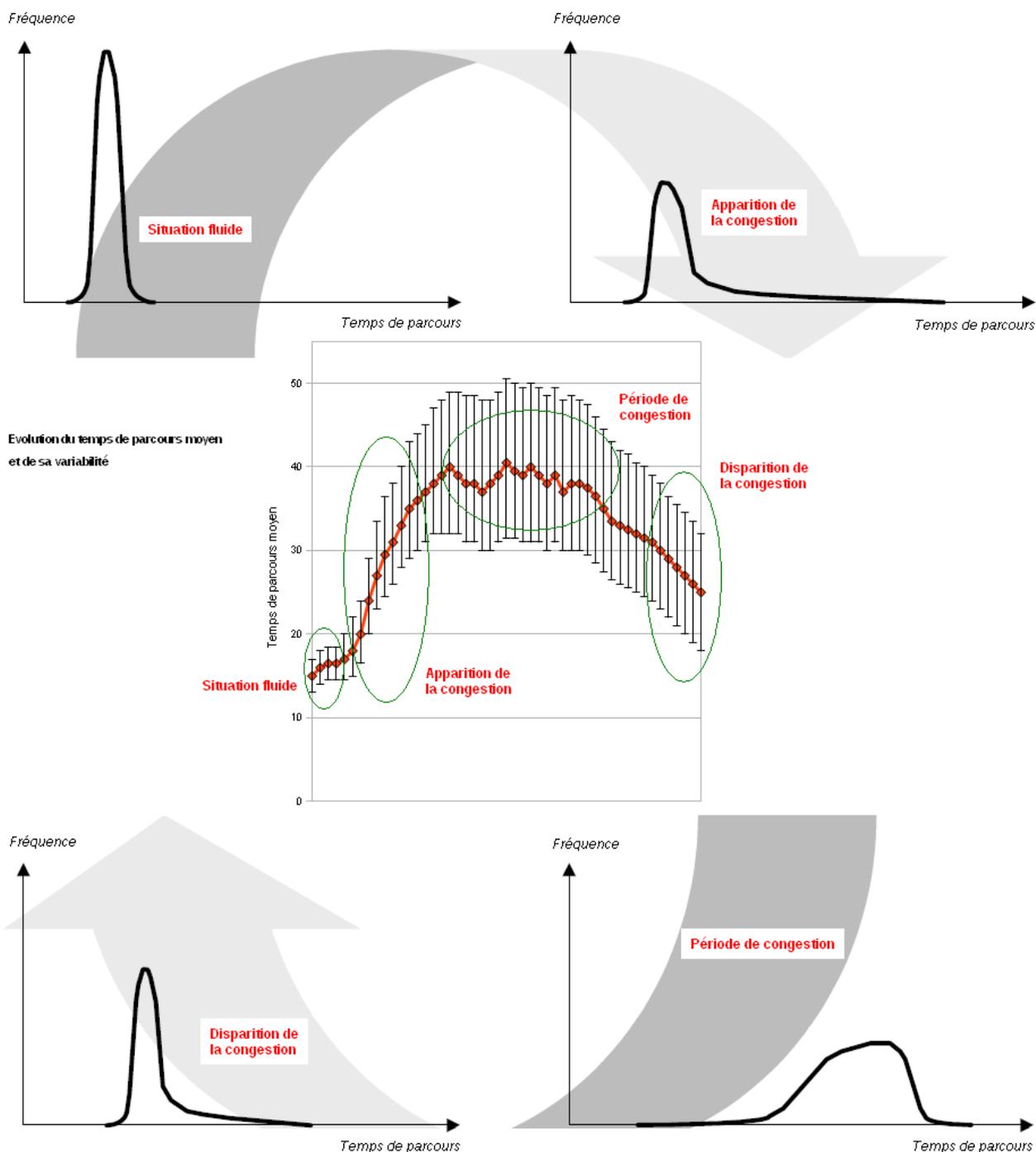


Figure 4 : Évolution de la forme de la distribution des temps de parcours dans le temps (d'après Van Lint et Zuylen, 2004)

La distribution des temps de parcours est quasiment symétrique en situation fluide. Elle devient dissymétrique quand la congestion apparaît, lorsque la fréquence et la durée des retards augmentent (dissymétrie à droite). Puis, en période de congestion, le temps de parcours moyen augmente et la probabilité de subir un retard devient plus importante que celle d'arriver en avance (dissymétrie à gauche). Lorsque la congestion se résorbe, le temps de parcours moyen et la fréquence (ainsi que la durée) des retards diminuent. La distribution des temps de parcours est à nouveau symétrique par rapport au temps de parcours moyen.

2.4.3 -Vers une utilisation opérationnelle dans le cadre d'un bilan socio économique

Quelques références analysées au cours de la revue bibliographique proposent le calcul d'un avantage lié à l'amélioration de la variabilité des temps de parcours dans un bilan socio-économique. Tous ces exemples traitent uniquement de projets d'infrastructure.

En l'absence d'une mise en œuvre pour la gestion du trafic, une illustration du calcul du gain de fiabilité des temps de parcours est ici proposée pour un projet routier neuf. Il s'agit du contournement ouest de Stockholm (Eliasson, 2006).

Le projet de contournement ouest de Stockholm (Suède)

En 2006, l'administration suédoise a décidé d'expérimenter la prise en compte de la variabilité des temps de parcours pour le bilan socio-économique du projet de contournement ouest de Stockholm¹.

La première partie de cette évaluation a consisté à établir une relation entre les temps de parcours et leur variabilité, mesurée par l'écart-type. Les données nécessaires ont été collectées en semaine sur 84 liaisons, entre septembre et décembre 2005, à l'aide des caméras de surveillance du trafic de Stockholm (temps de parcours des véhicules par le suivi des plaques minéralogiques). La moyenne t et l'écart-type σ de la distribution des temps de parcours sont calculés pour chaque liaison, par période de 15 min. Une relation entre l'écart-type « relatif » ($= \sigma/t$) et l'indice de congestion (« *congestion index* », défini comme le rapport entre t et le temps de parcours à vide T) est alors mise en évidence. Elle est de la forme :

$$\sigma/t = \exp [f(t/T)] \text{ avec } f \text{ une fonction polynomiale}$$

En implémentant cette relation dans un logiciel de simulation de trafic, il est alors possible de calculer les gains de variabilité apportés par le projet pour chaque paire d'Origine/Destination (i, j) : $\Delta\sigma_{ij}$. Le surplus des usagers est ensuite valorisé à l'aide d'un ratio de fiabilité RR et d'une valeur du temps VdT :

$$A_{\text{variab}} = RR.VdT . \sum \frac{1}{2}(T_{ij}^{\text{ref}} + T_{ij}^{\text{proj}}) . \Delta\sigma_{ij} \text{ en sommant pour chaque paire d'O/D } (i, j)$$

avec T_{ij}^{ref} (resp. T_{ij}^{proj}) le flux de trafic entre i et j en situation de référence (resp. de projet)

L'évaluation du projet a été réalisée avec un ratio de fiabilité de 0,9. La figure suivante (figure 5) indique la part des principaux avantages procurés par le contournement :

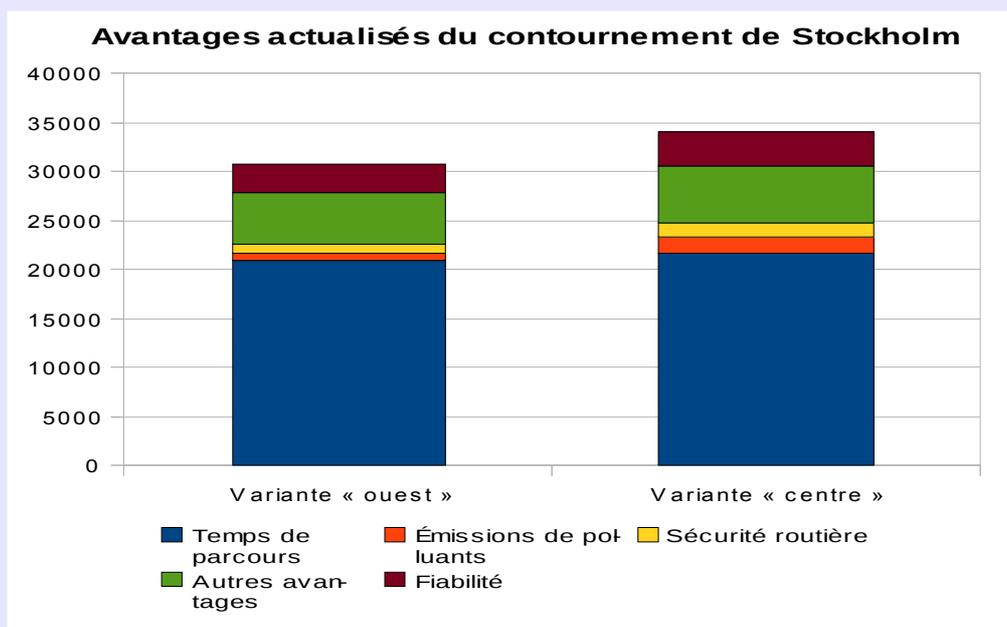


Figure 5 : Avantages actualisés pour deux variantes du contournement de Stockholm (source : Eliasson, 2006)

L'amélioration de la fiabilité des temps de parcours constitue entre 12 et 14 % de l'avantage lié à l'évolution des temps de parcours (gains sur les temps de parcours moyens et sur leur variabilité). La prise en compte de cette amélioration a permis d'accroître la somme actualisée des avantages du projet d'environ 10 %. Il faut noter que cet accroissement peut atteindre 20 % pour d'autres projets, et même au-delà dans certains cas (Eliasson, 2009).

¹L'administration suédoise recommande aujourd'hui de monétariser le manque de fiabilité (mesuré à l'aide de l'approche par l'écart-type) avec un ratio de fiabilité de 0,9 pour les déplacements professionnels et domicile-travail. Pour les autres motifs, les temps de congestion et de retard doivent être valorisés à hauteur de 1,5 fois la valeur du temps (2,5 pour les autres modes).

²Par souci de simplicité, seule une valeur du temps a été utilisée. Il faut toutefois noter que le bilan socio-économique aurait pu se baser sur plusieurs valeurs du temps, prenant en compte les spécificités de certains flux. Il s'agit de l'approche actuellement en vigueur en France (flux urbains distingués selon le motif de déplacement et flux interurbains selon la longueur du déplacement).

3 - Quelques pistes de réflexion

Il a été rappelé en introduction de ce document (voir le paragraphe 1.2.2) que les mesures de gestion du trafic permettent d'améliorer la fluidité des déplacements. La revue bibliographique, dont une synthèse a été présentée dans le chapitre précédent (voir le paragraphe 2.4), a montré que cette fiabilisation des temps de parcours présente un intérêt économique pour les usagers (en permettant notamment une réorganisation de leurs agendas). L'amélioration de la fiabilité peut donc être valorisée dans le bilan socio-économique d'une mesure de gestion du trafic, en utilisant des valeurs du temps spécifiques.

Ce chapitre fournit quelques pistes d'amélioration pour le calcul *a priori* d'un avantage lié à la fiabilité des temps de parcours (voir le paragraphe 3.1). Il illustre ensuite, à l'aide de quelques calculs sommaires, les effets de la prise en compte de la fiabilité des temps de parcours dans le cas particulier des mesures de gestion du trafic (voir le paragraphe 3.2). Il se termine enfin par quelques éléments de conclusion (voir le paragraphe 3.3).

3.1 - Prendre en compte la fiabilité des temps de parcours dans le bilan socio-économique

Le schéma de calcul décrit dans ce paragraphe est une transposition des méthodes opérationnelles relevées dans la littérature pour monétariser l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours. Ces méthodes, qui n'ont été mises en œuvre que pour des projets d'infrastructure (voir le paragraphe 2.4.3), peuvent également s'appliquer aux projets de gestion du trafic.

3.1.1 -Étape 1 : mesure de la fiabilité des temps de parcours

Choix des indicateurs

La mesure de la fiabilité avec des écarts-types semble actuellement être la plus adaptée pour une utilisation opérationnelle (voir le paragraphe 2.4.3). Cet indicateur reflète toutefois davantage la variabilité quotidienne des temps de parcours (appelée également « retards quotidiens » par la suite), que les usagers anticipent en prenant une marge de sécurité, que les longs retards imprévus (voir le paragraphe 2.4.2).

Pour estimer l'effet d'un projet de gestion de trafic sur les longs retards imprévus (réduction de leur fréquence et de leur durée), il semble opportun d'utiliser un autre indicateur que l'écart-type, qui reflète davantage les spécificités de ces événements :

- leur faible fréquence d'occurrence (dissymétrie de la distribution des temps de parcours) ;
- leur durée largement supérieure au temps de parcours moyen (étalement de la distribution des temps de parcours).

Au vu de la littérature existante (mais toutefois limitée sur cette question), l'utilisation du 9^{ème} décile de la distribution des temps de parcours paraît être une solution envisageable pour mesurer l'effet d'un projet de gestion de trafic sur les longs retards imprévus (voir le paragraphe 2.2.2).

Distinction des périodes de mesure

La fiabilité des temps de parcours dépend de la période à laquelle le déplacement est effectué (voir le paragraphe 2.4.2) : situations fluides, périodes d'apparition ou de disparition de la congestion,...

Le découpage des différentes plages horaires à retenir pour la mesure de la fiabilité doit être discuté. Il doit résulter de l'arbitrage entre la finesse nécessaire pour ne pas négliger les effets d'un projet de gestion du trafic sur les longs retards imprévus (dont le coût est bien plus élevé que celui des retards quotidiens) et les contraintes

liées à une mise en œuvre opérationnelle (en particulier la collecte des données nécessaires au calcul du gain de fiabilité).

La mesure de la fiabilité doit aboutir, pour chacune des périodes définies, au calcul des écarts-types et des 9^{èmes} déciles nécessaires pour monétariser la fiabilisation des temps de parcours.

3.1.2 -Étape 2 : calcul de l'évolution de la fiabilité des temps de parcours

L'évolution de la fiabilité des temps de parcours est estimée en calculant le volume d'heures de fiabilité gagnées avec le projet de gestion de trafic par rapport à une situation de référence (situation qui aurait prévalu en absence de projet). Il s'agit de distinguer dans ce calcul les retards quotidiens des retards imprévus : ces deux volumes de temps gagnés sont en effet valorisés différemment (voir le paragraphe 2.4.1). Seule la méthode de calcul pour les retards quotidiens est détaillée par la suite³.

Le calcul des écarts-types nécessite un volume important de données sur le fonctionnement du réseau. Il peut ensuite être effectué selon différentes méthodes :

- la variabilité des temps de parcours est obtenue directement à l'aide d'un modèle dynamique, après un important travail préalable de calibrage ;
- l'écart-type est calculé en utilisant les relations empiriques qui existent avec les variables de modélisation habituellement utilisées³.

Cette dernière méthode est aujourd'hui la plus utilisée pour évaluer *a priori* l'impact d'un projet sur la fiabilité des temps de parcours³. L'utilisation des outils dynamiques de prévision du trafic doit encore être développée pour répondre aux besoins des praticiens sur cette question. Ce travail exploratoire pourrait débiter par un état des lieux sur les possibilités offertes par ces logiciels pour modéliser les temps de parcours (données nécessaires pour le calage et résultats disponibles en sortie du modèle).

En notant les flux de trafic entre *i* et *j* pendant la période *p* respectivement $T_{ij,p}^{ref}$ en situation de référence et $T_{ij,p}^{proj}$ en situation de projet, le volume T^{quot} d'heures de retards quotidiens gagnées par l'ensemble des usagers peut alors s'exprimer :

$$\text{Heures de retards quotidiens gagnées} = T^{quot} = \sum (T_{ij,p}^{ref} \cdot \sigma_{ij,p}^{ref} - T_{ij,p}^{proj} \cdot \sigma_{ij,p}^{proj})$$

pour chaque paire d'O/D (*i*, *j*) et pour chaque période *p*

3.1.3 -Étape 3 : calcul de l'avantage lié à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours

Le calcul de l'avantage à prendre en compte dans le bilan socio-économique consiste à monétariser l'amélioration de la fiabilité calculé précédemment, à savoir les volumes d'heures de retards quotidiens et de longs retards imprévus gagnés.

Le coût de la fiabilité appliqué est déduit des valeurs employées pour la monétarisation des gains de temps VdT , à partir de ratios de fiabilité RR . Il faut rappeler que ces valeurs varient selon les usagers⁴ (les catégories d'usagers retenues pour les différentes valeurs du temps sont notées *k* par la suite).

Ces ratios varient en fonction de différents paramètres (voir le paragraphe 2.4.1) :

- le type de retard, avec des valorisations de la fiabilité différentes pour les retards quotidiens et pour les longs retards imprévus (les ratios de fiabilité associés sont notés respectivement RR^{quot} et RR^{long} par la suite) ;

- les catégories d'usagers retenues pour différencier les ratios de fiabilité (notées l par la suite), en particulier selon le motif de déplacement.

En prenant en compte ces segmentations, le gain lié à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours peut se calculer de la manière suivante :

1 Il s'agit de la méthode la plus éprouvée à l'heure actuelle. Le principe général du calcul reste le même pour les longs retards imprévus. Quelques précautions devront toutefois être prises lors d'une éventuelle mise en œuvre.

2 On peut citer par exemple des relations avec le temps de parcours moyen et le temps de parcours à vide (Eliasson, 2006 ; DfT, 2009) ou des relations avec la charge et des paramètres dépendant du type de section et de la densité du milieu traversé (NZTA, 2008).

3 Le Ministère des Transports néerlandais utilise par exemple, dans son modèle national, un module destiné à estimer l'effet de facteurs exogènes (accidents, travaux et précipitations) sur la fiabilité des temps de parcours. Ce module utilise en entrée les données obtenues grâce au modèle de trafic (temps de parcours moyens, longueurs des déplacements et limitations de vitesse). Les fonctions utilisées dans ce module ont été calées sur la base d'observations effectuées sur 212 itinéraires du pays.

$$\text{Gain lié à la réduction des retards quotidiens} = G^{\text{quot}} = \sum RR_k^{\text{quot}} \cdot V_d T_l \cdot T_{kl}^{\text{quot}}$$

$$\text{Gain lié à la réduction des longs retards imprévus} = G^{\text{long}} = \sum RR_k^{\text{long}} \cdot V_d T_l \cdot T_{kl}^{\text{long}}$$

pour chaque catégorie d'usagers (k, l)

$$\text{Gain total lié à l'amélioration de la fiabilité} = G^{\text{quot}} + G^{\text{long}}$$

Les ratios de fiabilité utilisés pour les besoins d'un bilan socio-économique ne peuvent pas être simplement transposés des études étrangères. Ils sont en effet étroitement liés aux particularités du réseau routier (les caractéristiques des sections empruntées par exemple) et aux spécificités de la demande de déplacement (les niveaux de congestion observés ou la structure des déplacements par motifs par exemple), qui varient d'un pays à l'autre. Il est donc nécessaire de conduire des enquêtes auprès des usagers pour déterminer ces ratios de fiabilité.

Les enquêtes auprès des usagers permettent de prendre en compte les différentes catégories d'usagers citées précédemment (voir le paragraphe 2.4.1). Le calcul d'un avantage lié à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours peut toutefois, dans un premier temps, reposer sur un ratio de fiabilité unique (il s'agit de l'approche retenue aux Pays-Bas par exemple).

3.2 - Une autre méthode de monétarisation des gains de fiabilité apportés par les mesures de gestion du trafic

Les mises en œuvre opérationnelles relevées dans la littérature proposent essentiellement une prise en compte de la valorisation de la fiabilité des temps de parcours dans les bilans socio-économiques de projets d'infrastructure. Ces projets apportent essentiellement des gains de temps de parcours moyens, auxquels sont ajoutés les gains procurés par la réduction de la variabilité de ces temps de parcours (voir le paragraphe 2.4.3). Ce mode de calcul s'applique sans difficulté aux mesures de gestion du trafic (voir le paragraphe 3.1).

Des méthodes alternatives peuvent toutefois être mises en œuvre au regard de la revue bibliographique. Une d'entre elles est présentée dans ce paragraphe.

3.2.1 - Mesures de gestion du trafic / projets d'infrastructure : des effets différents sur les temps de parcours

Dans le cas des mesures de gestion du trafic, des effets supplémentaires sur les temps de parcours sont susceptibles d'être procurés aux usagers par rapport à un projet d'infrastructure :

- les mesures visent à réduire les temps de parcours des usagers en situation congestionnée (amélioration de la fluidité des déplacements) ;

- les temps de parcours moyens des usagers peuvent être, en contrepartie, augmentés en situation fluide (réduction des vitesses).

Les paragraphes suivants apportent quelques éléments sommaires pour montrer l'effet de la prise en compte de la fiabilité des temps de transports sur les coûts de déplacement, dans le cas de la mise en œuvre de mesures de gestion du trafic. Ces éléments, donnés aussi bien pour une situation fluide (voir le paragraphe 3.2.2) que pour une situation congestionnée (voir le paragraphe 3.2.3), s'appuient sur le modèle de choix d'horaires décrit précédemment (voir le paragraphe 2.3.1) :

$$C = \alpha \cdot \mu + \beta \cdot \text{SDE} + \gamma \cdot \text{SDL}$$

avec μ le temps moyen du trajet et t^* le temps de trajet anticipé

SDE le temps d'arrivée en avance, défini par $\text{SDE} = \max(0, t^* - \mu)$

SDL le temps d'arrivée en retard, défini par $\text{SDL} = \max(0, \mu - t^*)$

α le coût du temps de trajet, β le coût du temps d'arrivée en avance et γ le coût du temps d'arrivée en retard

*4*Pour l'évaluation des projets d'infrastructures de transport en France (voir le paragraphe 1.2.1), ces valeurs varient en fonction du motif (pour les déplacements urbains de voyageurs) et de la longueur des déplacements (pour les déplacements interurbains de voyageurs)

3.2.2 -Prise en compte de la fiabilité en situation fluide

En situation fluide, les bénéfices apportés par les mesures de gestion du trafic dans le cas d'un événement imprévu sont évidents : les temps de retard, valorisés beaucoup plus fortement que les temps d'avance, sont alors diminués. Le raisonnement décrit par la suite s'intéresse uniquement à la situation où les usagers arrivent en avance.

En reprenant le modèle de choix d'horaires, la différence de coûts de déplacement ΔC entre les situations de projet et de référence a pour expression :

$$\Delta C = C_{\text{proj}} - C_{\text{ref}} = \alpha \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}}) - \beta \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}}) = (\alpha - \beta) \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}})$$

Comme les temps de parcours moyens augmentent en situation fluide après la mise en œuvre d'une mesure de gestion du trafic ($\mu_{\text{proj}} > \mu_{\text{ref}}$), les usagers supportent donc une augmentation de leur coût de déplacement. Ce surcoût est le résultat de deux effets opposés :

- un coût lié à l'augmentation des temps de parcours moyen, égal à $\alpha \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}})$: il correspond au surcoût total lorsque la variabilité des temps de parcours n'est pas prise en compte ;
- un gain lié au temps d'arrivée en avance économisé, égal à $-\beta \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}})$, qui valorise la réduction de la marge de sécurité prise par les usagers grâce à la fiabilisation des temps de déplacement apportée par la mise en place d'une mesure de gestion du trafic.

Au final, le temps perdu par les usagers en situation fluide est monétarisé à l'aide d'une valeur inférieure au coût du temps. La prise en compte de la fiabilité permet donc de diminuer le coût de la réduction des vitesses pour les usagers par rapport aux pratiques de valorisation actuelles, basées uniquement sur la valeur du temps.

3.2.3 -Prise en compte de la fiabilité en situation de congestion

Le raisonnement est ici construit à partir de l'hypothèse selon laquelle les usagers arrivent en retard en situation congestionnée et cherchent uniquement à minimiser ce temps de retard.

La différence de coûts de déplacement ΔC entre les situations de projet et de référence a pour expression :

$$\Delta C = C_{\text{proj}} - C_{\text{ref}} = \alpha \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}}) + \gamma \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}}) = (\alpha + \gamma) \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}})$$

Comme les temps de parcours moyens diminuent en situation congestionnée après la mise en œuvre d'une mesure de gestion du trafic ($\mu_{\text{proj}} < \mu_{\text{ref}}$), les usagers bénéficient donc d'une réduction de leur coût de déplacement. Cette diminution est le résultat de deux effets qui s'additionnent :

- un gain lié à la réduction des temps de parcours moyen, égal à $\alpha \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}})$: il correspond au gain total lorsque la variabilité des temps de parcours n'est pas prise en compte ;
- un gain lié au temps d'arrivée en retard économisé, égal à $\gamma \cdot (\mu_{\text{proj}} - \mu_{\text{ref}})$.

Au final, le temps gagné par les usagers en situation congestionnée est monétarisé à l'aide d'une valeur supérieure au double du coût du temps. La prise en compte de la fiabilité permet donc d'accroître les gains procurés par la mise en œuvre des mesures de gestion du trafic par rapport aux pratiques de valorisation actuelles, basées uniquement sur la valeur du temps.

3.2.4 - Illustration à partir d'un exemple fictif de mesure de gestion du trafic

Cette méthode alternative n'a, à notre connaissance, jamais été mise en œuvre pour évaluer un projet (infrastructure ou gestion de trafic). Pour illustrer la description qui en a été faite précédemment, un calcul d'avantage de gains de temps et de fiabilité est effectué à partir d'un exemple fictif de mesure de gestion du trafic.

La démarche proposée est simplifiée et vise uniquement à illustrer le schéma de calcul à mettre en œuvre pour appliquer la méthode alternative. Les valeurs présentées ne sont en aucun cas des ordres de grandeur pouvant être attendus suite à la prise en compte d'un gain de fiabilité dans le bilan socio-économique d'une mesure de gestion du trafic. Pour répondre à cet objectif, cette méthode nécessiterait d'être affinée.

Calcul des gains de fiabilité apporté par une mesure de gestion de trafic fictive

Une voie rapide urbaine écoule un débit de 8500 véh/h en heure de pointe du matin (7h – 9h). Les véhicules circulent à une vitesse moyenne de 35 km/h. La situation est également dégradée en heure de pointe du soir (16h – 19h), avec un débit de 7000 véh/h circulant en moyenne à 45 km/h.

Le maître d'ouvrage souhaite mettre en œuvre une mesure de régulation des vitesses sur cette section de 15 km (à 70 km/h, pour une vitesse limitée à 90 km/h) entre 6h et 10h le matin et entre 15h et 20h le soir.

Les effets prévus de cette mesure sur les temps de parcours sont indiqués dans le tableau suivant (tableau 8) :

	Débits (véh/h)	Vitesse moyenne sans mesure (km/h)	Vitesse moyenne avec mesure (km/h)	Heures gagnées
Pointe du matin	8500	35	40	910
Heures creuses	4000	90	70	-760
Pointe du soir	7000	45	55	1270
Volume d'heures gagnées en situation de congestion				2180
Volume d'heures perdues en situation fluide				760
Volume total d'heures gagnées				1420

Tableau 8 : Les effets d'une mesure de gestion du trafic

En retenant une valeur du temps unique de 10€, la méthode actuelle de monétarisation mène à calculer un avantage annuel lié aux gains de temps de 5,2 M€. Cet avantage est amputé par les pertes de temps en heures creuses.

En prenant en compte la fiabilité selon la méthode alternative décrite dans ce paragraphe, les résultats obtenus sont largement modifiés (tableau 9). Les rapports suivants ont été retenus pour effectuer le calcul :

- le temps d'arrivée en retard a une valeur deux fois plus élevée que les temps de parcours ;
- le temps d'arrivée en avance a une valeur quatre fois plus faible que le temps d'arrivée en retard.

Calcul des avantages	Gains de temps	Gains de fiabilité
Période fluide (heures creuses)	-2,8 M€	1,4 M€
Période congestionné (heures de pointe du matin et du soir)	8,0 M€	15,9 M€
Moyenne journalière	5,2 M€	17,3 M€

Tableau 8 : Calcul d'un avantage lié aux gains de temps (temps de parcours et fiabilité)

L'avantage global lié aux gains de temps (temps de parcours et fiabilité) s'élève à 22,5 M€. Les gains de fiabilité représentent 77 % de cet avantage.

4 - En conclusion

Alors que les infrastructures routières ont pour principal objectif de réduire les temps de déplacement, les mesures de gestion du trafic visent elles à fluidifier les conditions de circulation. Les méthodes actuelles de calcul de rentabilité économique sont basées sur la monétarisation des gains de temps : elles ignorent donc une part des avantages procurés par les mesures de gestion du trafic à la collectivité, ceux liés à la fiabilité des temps de parcours. Il semble aujourd'hui nécessaire d'adapter ces méthodes, en prenant en compte ces gains de fiabilité des temps de parcours dans le bilan socio-économique.

4.1 - Bilan de l'analyse bibliographique

L'analyse bibliographique a montré qu'il existe actuellement peu d'exemples de calcul d'un avantage lié à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours, intégré dans un bilan socio-économique. Ces quelques exemples s'appuient toutefois sur la même méthode de calcul, basée sur l'utilisation d'un ratio de fiabilité (qui donne la valeur de la fiabilité par rapport à la valeur du temps). La revue de la littérature montre que ce ratio est compris entre 0,5 (gains en période de congestion quotidienne) et 5 (gains pour les longs retards imprévu). Il faut cependant noter que, jusqu'à présent, ce calcul a été mis en œuvre uniquement pour l'évaluation de projets d'infrastructure. Il peut cependant être appliqué sans difficulté à des projets de gestion du trafic.

Une autre méthode de monétarisation des gains de fiabilité des temps de parcours a également été identifiée dans la littérature. Cette méthode différencie le temps de parcours des temps d'arrivée en avance (dont la valeur est inférieure à la valeur du temps de déplacement) ou en retard (dont la valeur est entre 2 et 5 fois supérieure à la valeur du temps de déplacement). Il serait intéressant de réfléchir à une transposition de cette méthode au cas des mesures de gestion du trafic, en considérant que :

- la réduction des vitesses moyennes en situation fluide constitue un gain de temps d'arrivée en avance (par rapport à la situation de référence), valorisé plus faiblement qu'une perte de temps de parcours ;
- les gains de temps en situation dégradée représentent un gain de temps d'arrivée en retard (par rapport à la situation de référence), valorisé plus fortement qu'un gain de temps de parcours.

4.2 - Des besoins pour établir la valeur accordée à un gain de fiabilité

La méthode de valorisation économique de la fiabilité est intimement liée au choix de l'indicateur de fiabilité. Ceci est conforme à l'idée d'une valeur économique fondée sur les comportements. A l'heure actuelle, les indicateurs les plus souvent utilisés pour la fiabilité portent sur les écarts-types. Avec cet indicateur, le Ministère des Transports néerlandais (Hamer et al., 2004) et l'approche retenue par les britanniques recommandent un ratio de fiabilité de 0,8.

Cependant, l'indicateur d'écart-type, surtout s'il porte sur l'échantillon de l'ensemble des temps de parcours, reflète mal l'idée de fiabilité : en effet, l'utilisateur anticipe largement les écarts-types ; par contre, les longs retards par rapport à un temps de parcours anticipé, présentent des valeurs socio-économiques particulièrement élevées.

Il apparaît donc nécessaire, de développer des indicateurs de fiabilité qui reflètent cette définition de la non-fiabilité : ce qui ne peut pas être anticipé par l'utilisateur. Il convient en parallèle de conduire des enquêtes auprès des usagers pour déterminer la valeur à accorder à un gain de fiabilité (l'enquête de préférences déclarées est actuellement l'approche la plus largement utilisée).

Une telle approche permettrait de se départir des difficultés liées à la transposition de valeurs d'études étrangères :

- les ratios de fiabilité sont étroitement liés aux particularités du réseau routier et aux spécificités de la demande de déplacement, largement variables d'un pays à l'autre ;
- les valeurs du temps peuvent internaliser en partie le coût de la fiabilité des temps de parcours : elles devraient par conséquent être approfondies en mettant en œuvre des enquêtes permettant de distinguer l'effet des gains de temps de l'effet de l'amélioration de la fiabilité sur le comportement des usagers.

4.3 - Déroulé-type d'une étude de la valorisation de la fiabilité dans l'évaluation des projets de gestion du trafic

Le principe général du calcul est rappelé sous forme de logigramme (voir figure 5).

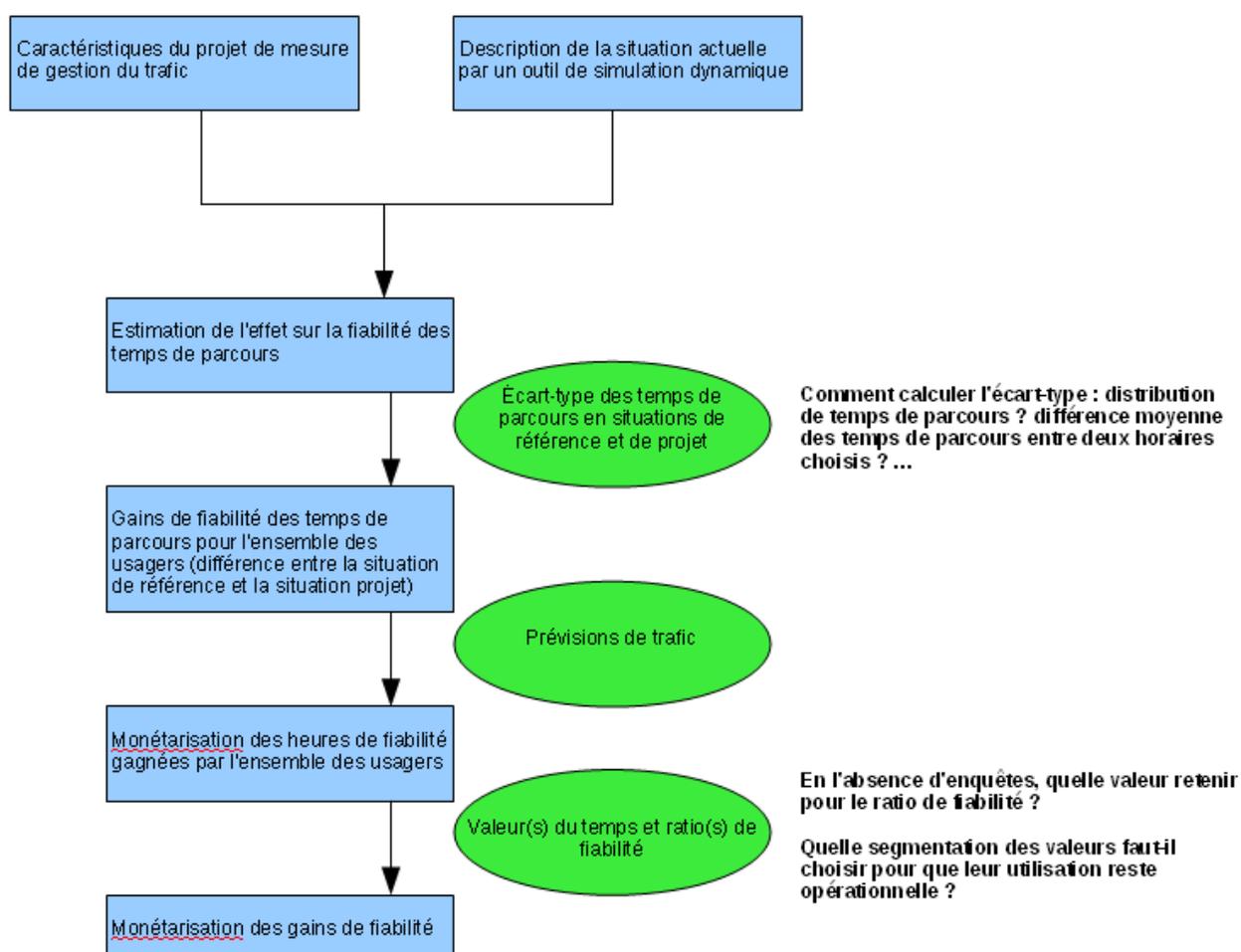


Figure 5 : Principe général de la méthode recommandée pour le calcul d'un gain de fiabilité monétarisé

4.4 - Choix de l'indicateur de fiabilité

La méthode « moyenne-variance » semble aujourd'hui la plus adaptée pour une mise en œuvre opérationnelle de la valorisation de la fiabilité des temps de parcours dans le bilan socio-économique des projets de gestion du trafic (voir le paragraphe 3.1).

Il convient cependant de mesurer des écarts-types qui reflètent l'écart des temps de parcours par rapport aux anticipations des usagers (par exemple, un usager sait très bien que le temps de parcours varie entre la pointe du

matin et le milieu de la nuit, ou entre un jour de pluie et un jour de beau temps, mais il ne s'attend pas nécessairement à ce qu'à une plage horaire donnée, dans des conditions données, les temps de parcours varient.

4.5 - Quelques pistes de progrès

Cette synthèse bibliographique permet d'émettre quelques recommandations sur les suites à donner sur cette question de la prise en compte des gains de fiabilité dans le bilan socio-économique des mesures de gestion du trafic.

Les deux premières recommandations peuvent être mises en œuvre à court terme, tandis que les deux dernières sont davantage des pistes à suivre à moyen et long terme.

4.5.1 - Mener un calcul de gain de fiabilité dans un bilan socio-économique *a priori*

Il serait intéressant de réaliser sur un exemple de mesure de gestion du trafic le calcul d'un avantage lié à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours. Ce calcul permettrait de :

- valider la possibilité de mettre en œuvre de manière opérationnelle la méthode de calcul basée sur le ratio de fiabilité (disponibilité des données et difficultés techniques) ;
- disposer d'ordres de grandeur sur le poids de l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours si celle-ci était intégrée dans le bilan socio-économique ;
- tester la sensibilité des indicateurs du bilan socio-économique à la prise en compte d'un avantage lié à l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours (notamment en effectuant le calcul avec différents ratios de fiabilité).

4.5.2 - Prendre en compte les longs retards imprévus

Les mesures de gestion du trafic permettent d'améliorer les conditions de circulation dans le cas de longs retards imprévus (hors congestion journalière). Il s'agit d'un objectif important qui doit être intégré dans un bilan socio-économique, au vu des valeurs bien plus importantes accordées à ces temps de retard (de 3 à 5 fois la valeur du temps) qu'aux pertes de temps en situation de congestion journalière. La prise en compte de la réduction des longs retards (nombre et durée) permettrait par conséquent d'améliorer la rentabilité affichée pour les mesures de gestion du trafic, en particulier pour celles ayant vocation à limiter l'occurrence d'incidents qui perturbent les conditions de circulation.

Ce calcul se heurte toutefois aux difficultés techniques existant actuellement pour prévoir des volumes de retards imprévus et les différencier des volumes de temps perdu en congestion journalière. L'utilisation du 9^{ème} décile de la distribution des temps de parcours est une première proposition pour prendre en compte ces longs retards imprévus. Il est toutefois nécessaire de poursuivre les travaux en cours sur ces questions de modélisation des temps de parcours (temps de parcours moyen, variabilité liée aux phénomènes de congestion journalière, événements extrêmes).

4.5.3 - Mettre en œuvre des enquêtes auprès des usagers

A terme, il semble important de mener des enquêtes auprès des usagers, afin de fixer de nouvelles valeurs pour la monétarisation des gains de temps et d'établir des valeurs françaises de référence pour l'amélioration de la fiabilité.

Bibliographie

- Asensio, J., Matas, A. (2007), Value of time and reliability on C-32 highway near Barcelona, *Studies on public works and transportation*, n. 107, pp. 105-124.
- Bates, J., Polak, J., Jones, P., Cook A. (2001), The valuation of reliability for personal travel, *Transportation Research Part E*, 37-2/3, pp. 191-229.
- Black, I., Towriss, J. (1993), *Demand effects of travel time reliability*, Centre for Logistics and Transportation, Cranfield Institute of Technology.
- Brems, C. R. (2007), *Traveller's benefits of reduced congestion*, Danish Transport Research Institute.
- Brownstone, D., Small, K. (2005), Valuing time and reliability : assessing the evidence from road pricing demonstrations, *Transportation Research Part A*, 39, pp. 279-293.
- Certu (2008), *Les temps de parcours – Estimation, diffusion et approche multimodale*.
- CETE de Lyon (2010), *Domaine d'emploi des mesures de régulation dynamique du trafic – Propositions de critères d'analyse pour application au sillon lorrain et au sillon rhénan*.
- CETE de Lyon (2011a), *Méthode d'aide au choix d'une stratégie de régulation du trafic*.
- CETE de Lyon (2011b), *Information routière temps réel – Évaluation des impacts*.
- Commissariat Général du Plan (2001), *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*.
- De Palma, A., Fontan, C. (2001), Éléments d'analyse de la composante horaire des déplacements : le cas de la région Ile-de-France, *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 39, pp. 55-86.
- Delache, X. (2008), *Fiabilité des transports : quelques éléments d'analyse économique*, Document de travail.
- DfT (2009), *The Reliability Sub-Objective – TAG Unit 3.5.7.*, United Kingdom Department for Transport.
- Eliasson, J. (2004), Car drivers' valuations of travel time variability, unexpected delays and queue driving, *Proceedings of the European Transport Conference*, Transek AB.
- Eliasson, J. (2006), *Forecasting Travel Time Variability*, Working Paper.
- Eliasson, J. (2009), *Reliability in Swedish CBA – Current practice and what needs to be done*, Intervention lors d'une rencontre internationale organisée par le Strategic Highway Research Program (SHRP2) du Transportation Research Board (TRB) et le Joint Transport Research Centre.
- FHWA (2006), *Travel time reliability: Making it there on time, all the time*, United States Federal Highway Administration.
- Fosgerau, M., Karlström, A. (2007), *The Value of Reliability*, MPRA Paper 5733.
- Fosgerau, M., Fukuda, D. (2010), Valuing Travel Time Variability: Characteristics of the travel time distribution on an urban road, MPRA Paper 24330.
- Guillou, V. (2010), *Étude d'opportunité pour un outil d'évaluation des mesures de régulation du trafic*, Master d'Action Publique Ecole des Ponts ParisTech, Sétra.
- Hamer, R., de Jong, G., Kroes, E. (2005), *The value of reliability in Transport – Provisional values for the Netherlands based on expert opinion*, RAND Technical Report Series, TR-240-AVV.
- HEATCO (2006), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*, Deliverable 5, Proposal for harmonized guidelines.
- Hollander, Y. (2005), The attitudes of bus users to travel time variability, *Proceedings of the European Transport Conference*, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Kouwenhoven, M., de Jong, G., Rietveld, P. (2005), *Reliability Ratio's voor het Goederenvervoer*, Final report to AVV, RAND Technical Report Series, WR-274-AVV.
- Kouwenhoven, M., Caussade, S., Kroes, E. (2006), *Value of Reliability of Travellers on the Paris Suburban Railway Network*, RAND Technical Report Series.

- Li, Z., Hensher, D., Rose, J. (2010), *Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: a review and some new empirical evidence*, Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sydney, Working Paper.
- Lomax, T., Schrank, D., Turner, S., Margiotta, R. (2003), *Selecting travel reliability measures*, Texas Transportation Institute Cambridge Systematics.
- NZTA (2008), *Economic Evaluation Manual*, Volume 1, Amendment No 2, New Zealand Transport Agency.
- OCDE (2009), *Améliorer la fiabilité des réseaux de transport de surface*, Centre de recherche sur les transports.
- Small, K (1982), The Scheduling of Consumer Activities: Work Trips, *American Economic Review*, 72, pp. 467-479.
- Small, K, Noland, R., Chu, X., Lewis, D. (1999), *Valuation of travel time savings and predictability in congested conditions for highway user-cost estimation*, Report 431, National Cooperative Highway Research Program.
- Small, K., Winston, C., Yan, J. (2005), Uncovering the distribution of motorists' preferences for travel time and reliability, *Econometrica*, vol. 73, issue 4, pp. 1367-1382.
- Tilahun, Y., Levinson, M. (2010), A moment of time: Reliability in Route Choice Using Stated Preferences, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, Volume 14, Issue 3, pp. 179-187.
- Tseng, Y.-Y., Ubbels, B., Verhoef, E. (2005), *Value of time, schedule delay and reliability*, Department of Spatial Economics, Free University.
- Tseng, Y.-Y. (2008), *Valuation of Travel Time Reliability in Passenger Transport*, PhD theses, Tinberger Institute.
- Van Lint, J., Zuylen, H. (2004) Monitoring and predicting freeway travel time reliability: Using width and skew of the day-to-day travel time distribution, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n° 1917, pp. 54-62.
- Van Lint, J., Zuylen, H., Tu, H. (2008), Travel Time Reliability on Freeways: Why measures based on variance tell only half the story, *Transportation Research Part*, Volume 42, Issue 1, pp. 258-277.
- Vickrey, W. (1969), Congestion theory and transport investment, *American Economic Review*, 59, pp. 251-261.
- Zerguini, S., Khademi, N. (2011), *La variabilité des temps de déplacement : élaboration d'un modèle de valorisation et conséquences dans le calcul économique*, Congrès International ATEC-ITS.

Annexes

Synthèse de résultats extraits de la littérature

Une quinzaine de publications traitant de la fiabilité des temps de parcours et de sa monétarisation ont été analysées dans le cadre de cette revue bibliographique. Une synthèse des principaux résultats est présentée dans le tableau suivant, qui indique pour chacune des publications étudiées :

- le contexte général de l'étude ;
- le critère choisi pour mesurer la fiabilité des temps de parcours (cette fiabilité se limite, pour l'ensemble des publications analysées, à la variabilité de ces temps de parcours) ;
- la méthode de valorisation retenue (présentation du modèle théorique et description du dispositif d'enquête) ;
- les résultats obtenus.

Ces publications sont principalement issues de la littérature académique anglo-saxonne, néerlandaise et nordique. Elles concernent également quelques référentiels d'évaluation de projets donnant des recommandations pour la prise en compte de la fiabilité des temps de parcours dans une analyse coûts-avantages (Grande-Bretagne et Nouvelle-Zélande).

L'intégralité des coûts indiqués dans le tableau suivant ont été convertis en €, aux conditions économiques de l'année 2010 (à partir des indices des prix à la consommation des pays où les enquêtes ont été menées et des taux de changes euro/dollar et euro/livre sterling).

Publication	Contexte de l'étude	Choix du modèle théorique	Méthode de valorisation	Résultats obtenus (valeurs monétaires en €2010)
<p><i>The Scheduling of Consumer Activities: Work Trips</i></p> <p>(Small, 1982)</p>	<p>Article écrit dans le cadre d'un programme de recherche en économétrie (université de Princeton).</p> <p>Enquête réalisée à San Francisco auprès d'un échantillon de navetteurs utilisant la VP.</p>	<p>Modèle de choix d'horaires afin de déterminer la valeur du temps α, la valeur du temps d'arrivée en avance β et celle d'arrivée en retard γ, ainsi qu'une pénalité pour le temps de retard θ.</p> <p>Modèle de choix discrets (Logit multinomial) afin de représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques (taille du foyer, mode de transport, profession et contraintes horaires).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées (527 réponses) : questionnaire sur l'organisation du déplacement domicile-travail (flexibilité, heure d'arrivée planifiée, temps de précaution anticipé), destiné à convertir les minutes d'arrivée en avance ou en retard en minutes de temps de parcours.</p>	<p>1 minute d'arrivée en avance = 0,61 minute de temps de parcours</p> <p>1 minute d'arrivée en retard = 2,4 minutes de temps de parcours</p> <p>Pénalité pour les retards = 5,5 minutes de temps de parcours</p>
<p><i>Valuation of travel time savings and predictability in congested conditions for highway user-cost estimation</i></p> <p>(Small et al., 1999)</p>	<p>Étude menée dans le cadre du <i>National Cooperative Research Highway Program</i> (NCRHP), avec le soutien de la <i>Federal Highway Administration</i> (FHWA).</p> <p>Enquêtes réalisées par courrier auprès de riverains de la SR91 (Californie), pendant le second semestre 1995, auprès d'un échantillon de 2 500 personnes.</p>	<p>Modèle de choix d'horaires avec une pénalité pour le temps de retard θ.</p> <p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours.</p> <p>Modèle de choix discrets (Logit multinomial) afin de représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques (revenus, catégorie socio-professionnelle, motif de déplacement et taille du foyer).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées en deux phases :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la première phase est une enquête transport (1 348 réponses) ; - la seconde phase (959 réponses) est constituée de 2 expériences proposant chacune 2 alternatives (avec coût du déplacement, temps moyen du trajet et 5 options équiprobables d'arrivées en avance, en retard ou à temps), choisies en fonction des réponses à l'enquête transport. 	<p>Ratio de fiabilité = 3,2</p> <p>Ce ratio est plus élevé pour les navetteurs.</p> <p>Valeur du temps d'arrivée en avance : croissance de façon non-linéaire avec le temps d'arrivée en avance (1,8 €/h pour 5 min d'avance, 5,0 €/h pour 10 min et 8,3 €/h pour 15 min), avec une valeur moyenne de 3,7 €/h.</p> <p>Cette valeur décroît avec les revenus.</p> <p>Valeur du temps d'arrivée en retard : environ 20,0 \$/h</p> <p>Cette valeur est plus importante pour les foyers ayant plusieurs enfants.</p>
<p><i>The valuation of reliability for personal travel</i></p> <p>(Bates et al., 2001)</p>	<p>Analyse des modèles théoriques existants pour la valorisation de la fiabilité des temps de parcours pour le compte du <i>Department for Transport</i> (DfT).</p> <p>Analyse complétée par une enquête auprès d'usagers du train.</p>	<p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours, davantage adaptée à une utilisation opérationnelle (résultats de l'analyse).</p> <p>Modèle de choix d'horaires dans l'enquête, sans pénalité supplémentaire pour les retards et avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart entre la médiane et le 9^{ème} décile de la distribution des temps de parcours.</p>	<p>Revue des travaux existants : coût de la variabilité des temps de transport évalué par l'intermédiaire d'un ratio de fiabilité.</p> <p>Enquête de préférences déclarées (28 réponses) : choix des 4 meilleures alternatives parmi 6 combinaisons de 2 alternatives (avec tarif, heures de départ et d'arrivée prévues et 10 options équiprobables d'arrivées en avance, en retard ou à temps).</p>	<p>Ratio de fiabilité (VP) ~ 1,3</p> <p>Ratio de fiabilité (transports publics) < 2</p> <p>Valeur du temps d'arrivée en avance : 51,0 €/h</p> <p>Valeur du temps d'arrivée en retard : 103,5 €/h pour des retards compris dans la marge de sécurité, 115,3 \$/h au-delà</p> <p>La mesure de la variabilité des temps de parcours par l'écart entre la médiane et le 9^{ème} décile de la distribution des temps de parcours est meilleure qu'avec l'écart-type</p>

Publication	Contexte de l'étude	Choix du modèle théorique	Méthode de valorisation	Résultats obtenus (valeurs monétaires en €2010)
<p><i>Car drivers' valuations of travel time variability, unexpected delays and queue driving</i></p> <p>(Eliasson, 2004)</p>	<p>Projet de recherche mené par le <i>KTH Royal Institute of Technology</i> de Stockholm sur la valorisation de la variabilité de temps de parcours, mais également les longs retards imprévus et le temps passé dans les embouteillages.</p> <p>Enquête réalisée à Stockholm, auprès d'usagers de la VP (3 segments différents : navetteurs du matin, déplacements professionnels et déplacements tous motifs l'après-midi), utilisant régulièrement leur véhicule pour des trajets limités (entre 15 et 60 min).</p>	<p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par rapport à la largeur de la distribution des temps de transport anticipée par les usagers (les temps de parcours se présentent sous la forme $T \pm \Delta$, avec T la moyenne et Δ la variabilité).</p> <p>Modèle de temps généralisé pour la valorisation des longs retards imprévus (à partir de leur durée et leur fréquence) et du temps passé dans les embouteillages, incluant notamment le temps de parcours et le coût du déplacement.</p> <p>Modèle de choix discrets (de type Logit) afin de représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques (âge, revenus, prise en charge des frais de déplacements, ...).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées (plus de 200 réponses pour chacun des 3 segments d'usagers interrogés) : 2 alternatives sont présentées en réponse aux 12 questions proposées, réparties en 3 classes de 4 questions (chaque classe traite un aspect spécifique : variabilité des temps de parcours, longs retards imprévus et temps passés dans les embouteillages), avec des variations de coûts, de temps de parcours, de retards à l'arrivée ou de temps passés dans les embouteillages.</p>	<p>Ratios de fiabilité obtenus pour la valorisation de la variabilité de temps de parcours / des longs retards imprévus :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,95 / 5,3 pour les navetteurs du matin - 0,32 / 3,5 pour les déplacements professionnels (réserves de l'auteur sur la valeur du ratio pour la variabilité de temps de parcours) - 0,49 / 3,9 pour les déplacements tous motifs l'après-midi <p>Peu d'études ont distingué ces deux aspects jusqu'à présent.</p> <p>Ces valeurs sont plus élevées pour les personnes ayant des enfants et les femmes.</p> <p>Surcoût du temps lié à la conduite dans les embouteillages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - + 42 % pour les navetteurs du matin - + 44 % pour les déplacements professionnels - + 53 % pour les déplacements tous motifs l'après-midi <p>Ces valeurs sont plus élevées pour les femmes.</p>
<p><i>The value of reliability in Transport – Provisional values for the Netherlands based on expert opinion</i></p> <p>(Hamer et al., 2004)</p>	<p>Compte-rendu d'une réunion d'experts organisée aux Pays-Bas par le bureau d'études RAND Europe et le <i>Transport Research Centre</i> (AVV) du Ministère néerlandais des Transports.</p> <p>Proposition de valeurs pour monétariser l'amélioration de la fiabilité dans les analyses coûts-avantages de projets ou de politiques de transports.</p>	<p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours (méthode adaptée à une utilisation opérationnelle).</p>	<p>A dires d'experts :</p> <ul style="list-style-type: none"> - choix d'une mesure pour la variabilité des temps de parcours : écart-type de la distribution des temps de parcours (au détriment de la différence entre le 8^{ème} ou 9^{ème} et la médiane), notamment pour le lien qu'il peut exister entre les modèles moyenne-variance et de choix d'horaires ; - choix de ratios de fiabilité pour la VP (navetteurs, déplacements professionnels, autres motifs), les TC (transports urbains et train) et le transport de marchandises (selon le type). 	<p>Ratios de fiabilité conseillés au Ministère néerlandais des Transports :</p> <ul style="list-style-type: none"> - VP : 0,8 (pour les 3 motifs identifiés : travail, professionnels et autres) ; - transports publics urbains (bus, tramway, métro) et interurbains (train) : 1,4 ; - transport de marchandises : pas de consensus (manque de recherches internationales disponibles sur le sujet).

Publication	Contexte de l'étude	Choix du modèle théorique	Méthode de valorisation	Résultats obtenus (valeurs monétaires en €2010)
<p><i>Uncovering the distribution of motorists' preferences for travel time and reliability</i></p> <p>(Small et al., 2005)</p>	<p>Étude réalisée pour le compte de l'<i>AEL-Brookings Joint Center for Regulatory Studies</i>.</p> <p>Enquêtes réalisées auprès d'usagers de la SR91 (Californie) pendant 10 mois, entre 1999 et 2000, par téléphone dans un premier temps (préférences révélées) puis par courrier dans un second temps (préférences déclarées).</p> <p>Pas de distinction du motif (il s'agit principalement de navetteurs).</p>	<p>Modèle moyenne-variance pour déterminer la valeur du temps et celle de sa variabilité (temps de parcours pris égal à la médiane de la distribution et variabilité mesurée par l'écart entre la médiane et le 8^{ème} décile de cette distribution pour l'enquête de préférences révélées).</p> <p>Modèle de choix discrets (Logit multinomial mixte) afin de représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques (longueur du déplacement, revenus annuels, âge, sexe, taille du foyer et contraintes horaires).</p>	<p>Enquête de préférences révélées (438 réponses) : collecte de données de temps de parcours entre 6 et 10 h pendant 11 jours sur les voies de la SR91.</p> <p>Enquête de préférences déclarées (81 réponses dont 55 de la part d'individus ayant déjà été interrogés pendant l'enquête de préférences révélées) : 8 scénarios hypothétiques où seuls varient le péage, les temps de parcours et la fréquence des retards de 10 min ou plus (variabilité des temps de parcours).</p>	<p>Valeur (médiane) du temps : 27,5 \$09 (préférences révélées) / 15,2 \$09 (préférences déclarées)</p> <p>Valeur (médiane) de la variabilité : 25,0 \$09 (préférences révélées) et 6,9 \$09/incident (préférences déclarées)</p> <p>Les plus hauts revenus, les femmes, les quinquagénaires et les usagers vivants dans les plus petits foyers sont les catégories les moins sensibles sont les catégories accordant les plus hautes valeurs à la variabilité des temps de parcours (faible sensibilité au péage instauré sur les voies express de la SR91).</p> <p>Aux heures de pointe, l'amélioration de la variabilité des temps de parcours constitue 1/3 de l'avantage de la mise en place des voies express en termes de temps, tandis que la réduction des temps de parcours en représente elle 2/3.</p>
<p><i>Valuing time and reliability : assessing the evidence from road pricing demonstrations</i></p> <p>(Brownstone et Small, 2005)</p>	<p>Étude de l'université de Californie réalisée pour le compte de l'<i>US Department of Transportation</i> et du <i>California Department of Transportation</i>.</p> <p>Enquêtes par téléphone (préférences révélées) réalisées auprès d'usagers de la SR91 et de l'I-15 (Californie) aux automnes 1998 et 1999, complétées par des courriers (préférences déclarées).</p> <p>Pas de distinction du motif (il s'agit principalement de navetteurs).</p>	<p>Modèle moyenne-variance pour déterminer la valeur du temps et celle de sa variabilité (temps de parcours pris égal à la médiane de la distribution et variabilité mesurée par l'écart entre la médiane et le 9^{ème} décile de cette distribution pour l'enquête de préférences révélées).</p> <p>Modèle de choix discrets (de type Logit) afin de représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques (taux d'occupation du véhicule, taille de l'entreprise, distance parcourue, flexibilité des horaires et niveau d'études).</p>	<p>Enquête de préférences révélées (438 réponses) : collecte de données de temps de parcours entre 6 et 10 h pendant 11 jours sur les voies de la SR91.</p> <p>Enquête de préférences déclarées (81 réponses dont 55 de la part d'individus ayant déjà été interrogés pendant l'enquête de préférences révélées) : 8 scénarios hypothétiques où seuls varient le péage, les temps de parcours et la fréquence des retards de 10 min ou plus (variabilité des temps de parcours).</p>	<p>Valeur (médiane) du temps : environ 11,8 €</p> <p>Valeur (médiane) de la variabilité : environ 4,9 €/incident</p> <p>Le ratio de fiabilité est compris entre 0,95 et 1,40.</p> <p>La prise en compte de plus en plus fine des différents comportements des usagers modifie peu les valeurs médianes, mais donne des résultats de plus en plus dispersés.</p> <p>L'utilisation d'enquêtes de préférences déclarées pourrait sous-estimer la valeur accordée à la réduction de la variabilité des temps de parcours, au vu de l'écart important existant par rapport aux résultats obtenus par les préférences révélées (jusqu'à 2 fois inférieurs).</p>

Publication	Contexte de l'étude	Choix du modèle théorique	Méthode de valorisation	Résultats obtenus (valeurs monétaires en €2010)
<p><i>Value of time, schedule delay and reliability</i></p> <p>(Tseng et al., 2005)</p>	<p>Travail de recherche financé par NWO et Connexx dans le cadre du projet <i>A Multidisciplinary Study of Pricing Policies in Transport</i>.</p> <p>Enquête réalisée pendant 3 semaines en juin 2004, par ordinateur, auprès d'un échantillon de 6 800 navetteurs néerlandais utilisant la VP au moins 2 fois par semaine et subissant 10 min de congestion ou plus au moins 2 fois par semaine.</p>	<p>Modèle de choix d'horaires afin de déterminer la valeur du temps α, la valeur du temps d'arrivée en avance β et celle d'arrivée en retard γ, ainsi qu'une pénalité pour le temps de retard θ au-delà de la marge de sécurité anticipée par les usagers.</p> <p>Modèle de choix discrets (Logit multinomial) afin de représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques (sexe, niveau d'études, revenus, longueur du déplacement et contraintes horaires).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées en 2 phases (1 115 réponses) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une première phase destinée à calibrer le modèle (calcul de α, β, γ et θ) : répartition de 10 déplacements parmi 4 alternatives simples présentées par écran où seuls varient les heures de départ ou d'arrivée, l'incertitude sur le temps de parcours et le coût du déplacement (4 écrans au total) ; - une seconde phase consacrée au calibrage du modèle de choix : procédé identique à la phase précédente, avec des alternatives plus complexes (introduction du choix modal VP/TC et davantage d'alternatives pour les aspects déjà traités) et plus d'écrans (11 au total). 	<p>Valeur du temps : 10,8 €/h</p> <p>Valeur du temps d'arrivée en avance : 5,1 €/h (cette valeur augmente de façon non-linéaire avec le temps d'arrivée en avance)</p> <p>Valeur du temps d'arrivée en retard : 15,7 €/h</p> <p>Pénalité supplémentaire pour le temps de retard au-delà de la marge de sécurité anticipée par les usagers (discontinuité du coût du temps de retard) : 5,8 €/h (environ 50 % de la valeur du temps)</p> <p>Les navetteurs préfèrent la VP aux TC. En outre, ils ont généralement des valeurs plus élevées lorsqu'ils sont contraints.</p> <p>Les valeurs dépendent du niveau de revenu (elles augmentent avec le revenu pour le temps et l'arrivée en avance mais diminuent pour l'arrivée en retard) et de la longueur des déplacements (la valeur du temps d'arrivée en retard diminue avec la distance).</p>
<p><i>The attitude of bus users to travel time variability</i></p> <p>(Hollander, 2005)</p>	<p>Projet de recherche (université de Leeds – ITS) visant à proposer un cadre d'analyse économique pour prendre en compte les effets de la variabilité des temps de parcours dans l'évaluation des projets de bus.</p> <p>Enquête réalisée à York (Angleterre), par ordinateur, auprès des navetteurs du matin, en novembre 2004.</p>	<p>Modèle de choix d'horaires afin de déterminer la valeur du temps α, la valeur du temps d'arrivée en avance β et celle d'arrivée en retard γ.</p> <p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours.</p> <p>Les variations de comportement entre individus n'ont pas été étudiées dans cet article. Le projet va toutefois se poursuivre dans cette voie, avec la mise en œuvre d'un modèle de choix discrets (Logit mixte).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées (244 réponses) : 9 questions proposant 2 alternatives où seuls varient le coût du déplacement, l'horaire de départ et l'horaire possible d'arrivée (5 scénarios équiprobables).</p>	<p>Valeur du temps : 5,7 €/h</p> <p>Résultats obtenus avec le modèle de choix d'horaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - valeur du temps d'arrivée en avance : 4,2 €/h - valeur du temps d'arrivée en retard : 11,7 €/h <p>Résultats obtenus avec le modèle moyenne-variance : ratio de fiabilité = 0,7</p> <p>Le coût de la variabilité des temps de parcours est sous-estimé en utilisant un modèle moyenne-variance.</p>

Publication	Contexte de l'étude	Choix du modèle théorique	Méthode de valorisation	Résultats obtenus (valeurs monétaires en €2010)
<p><i>Value of Reliability of Travellers on the Paris Suburban railway network</i></p> <p>(Kouwenhoven et al., 2006)</p>	<p>Rapport technique extrait d'un projet commandé par le STIF (<i>Enquêtes qualitatives et quantitatives visant à évaluer les projets de fiabilisation des radiales ferrées en Ile-de-France</i>) visant à définir une méthode d'évaluation a priori des bénéfices apportés par les mesures d'amélioration de la régularité des trains.</p> <p>Enquête réalisée pendant 11 jours à partir du 23 juin 2004, par téléphone après envoi du questionnaire, auprès d'un échantillon de 2 086 personnes recrutées sur les quais ou dans les trains parisiens.</p>	<p>Modèle de temps généralisé incluant, outre le temps de parcours, la régularité, le confort et l'information des usagers en cas de perturbations.</p> <p>Modèle de choix discrets (Logit multinomial) afin de représenter les comportements des usagers du réseau ferré parisien en fonction de leurs caractéristiques (motif de déplacement, fréquence, régularité, sens de déplacement).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées (1 273 réponses) : 7 propositions de 2 ou 3 alternatives où seuls varient le temps de parcours, la régularité (nombre de trains sur 20 en retard de moins de 15 min et de plus de 15 min), le confort (voyage assis, debout ou debout serré) et l'information des usagers en cas de perturbations (pas d'informations, informations sur les causes du problème, informations sur les causes et la durée du problème). Les premières et dernières réponses de l'enquête sont utilisées pour valider la compréhension du questionnaire.</p>	<p>Effets sur le temps généralisé ressenti par les usagers (donnés ici pour les navetteurs à destination de Paris) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - petit retard (moins de 15 min) : + 4,6 min par nombre de trains en retard sur 20 - long retard (plus de 15 min) : + 6,7 min par nombre de trains en retard sur 20 - debout : + 4,9 min + 0,3 min pour chaque minute de trajet - debout serré : + 27,2 min + 0,2 min pour chaque minute de trajet - annonce de la durée du retard : - 9,9 min - annonce du retard seulement : - 0,9 min <p>L'effet de l'irrégularité diminue à partir d'un certain niveau (au-delà d'un train sur 4 en retard) et l'effet du confort s'accroît lorsque l'irrégularité des trains augmente.</p> <p>Les temps supplémentaires sont plus importants pour les autres motifs de déplacement.</p>
<p><i>Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment – Proposal for harmonized guidelines (Deliverable 5)</i></p> <p>(HEATCO, 2006)</p>	<p>Projet de recherche sur les méthodologies d'évaluation de projets employées dans les 25 États membres de l'UE et en Suisse, mené par des bureaux d'études spécialisés dans les transports et des universitaires pour le compte de la DG TREN (6^{ème} Programme cadre de la Commission Européenne).</p> <p>Recommandations pour la valorisation des coûts externes proposées dans le livrable 5.</p>	<p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours (méthode adaptée à une utilisation opérationnelle).</p>	<p>Estimation du coût de la variabilité des temps de transport par l'intermédiaire de ratios de fiabilité issus de la littérature existante, pour le transport de voyageurs (Hamer et al., 2004) et le transport de marchandises (Kouwenhoven et al., 2005).</p>	<p>Ratios de fiabilité proposés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - VP : 0,8 (pour les 3 motifs identifiés : travail, professionnels et autres) ; - transports publics : 1,4 (pour les transports urbains et le train) ; - transport de marchandises : 1,2.

Publication	Contexte de l'étude	Choix du modèle théorique	Méthode de valorisation	Résultats obtenus (valeurs monétaires en €2010)
<p><i>Value of time and reliability on C-32 highway near Barcelona</i></p> <p>(Asensio et Matas, 2007)</p>	<p>Projet de recherche (université de Catalogne) soutenu par le <i>Ministerio de Fomento</i> (en charge des transports en Espagne).</p> <p>Enquêtes réalisées auprès de navetteurs empruntant la C-32 (payante) ou l'A-2 entre Barcelone (Espagne) et la banlieue nord-est de l'agglomération, menée à l'automne 2005, par renvoi postal de questionnaires distribués dans les stations-service (avec une lettre d'explication et une enveloppe affranchie pour le renvoi).</p>	<p>Modèle de choix d'horaires afin de déterminer la valeur du temps α, la valeur du temps d'arrivée en avance β et celle d'arrivée en retard γ, avec une pénalité pour le temps de retard θ.</p> <p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours.</p> <p>Modèle de choix discrets (Logit binomial) afin représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques (contraintes sur les horaires, revenus, nombre d'enfants, âge, niveau d'études).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées (259 réponses) : 9 propositions de 2 alternatives où seuls varient le coût du déplacement, le temps de parcours et l'heure d'arrivée (5 scénarios équiprobables).</p>	<p>Résultats obtenus avec le modèle moyenne-variance : ratio de fiabilité = 0,98</p> <p>Résultats obtenus avec le modèle de choix d'horaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - valeur du temps : 16,4 €/h - valeur du temps d'arrivée en avance : 7,8 €/h (cette valeur est en fait très faible pour les navetteurs sans contraintes et de l'ordre de 10 €/h pour ceux ayant des horaires de départ fixes) - valeur du temps d'arrivée en retard : 38,4 €/h <p>Cette dernière valeur est très sensible aux contraintes pesant sur les horaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec un horaire de départ fixe et des horaires d'arrivée imposés (marge acceptable inférieure à 10 min) : 57,1 €/h (soit 3,5 fois la valeur du temps) - sans contrainte sur l'heure de départ ou avec un horaire de départ fixe et des horaires d'arrivée flexibles (marge acceptable supérieure à 10 min) : 23,9 €/h
<p><i>The Reliability Sub-Objective – TAG Unit 3.5.7.</i></p> <p>(DfT, 2009)</p>	<p>Méthode proposée par le <i>Department for Transport</i> (DfT) pour la monétarisation de la variabilité des temps de parcours dans la grille d'analyse d'analyse des projets (<i>Appraisal Summary Table – AST</i>) du Gouvernement britannique.</p>	<p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours qui peut, en cas de données insuffisantes, être calculé grâce à un « coefficient de variation » (relation empirique entre l'écart-type, le temps de parcours moyen, le temps de parcours à vide et la distance de déplacement).</p>	<p>Estimation du coût de la variabilité des temps de transport par l'intermédiaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'un ratio de fiabilité issu de la littérature existante pour les VP (Hamer et al., 2004) ; - d'une pénalité appliquée au coût du temps de retard, basée sur des résultats d'enquêtes (Bates et al., 2001). 	<p>Ratio de fiabilité de 0,8 pour la VP (pour les 3 motifs identifiés : travail, professionnels et autres).</p> <p>Surcoût de 20 % appliqué au coût du temps de retard, fixé à 2,5 fois la valeur du temps (pour refléter le niveau d'informations différent entre les usagers fréquents, estimés à 25 %, et les autres, pour lesquels la valeur du retard est valorisée à hauteur de 3 fois la valeur du temps), soit un coût du retard égal à 3 fois la valeur du temps en prenant en compte le coût de la variabilité de ce retard.</p>
<p><i>A Moment of Time: Reliability in Route Choice Using Stated Preference</i></p> <p>(Tilahun et Levinson, 2010)</p>	<p>Travail de recherche menés par les universités de l'Illinois et du Minnesota.</p> <p>Enquête réalisée, par ordinateur, auprès d'un échantillon de 187 navetteurs.</p>	<p>Modèle moyenne-variance avec une variabilité des temps de transport mesurée par l'écart-type de la distribution des temps de parcours.</p> <p>Modèle de choix discrets (Logit binomial) afin représenter les comportements des usagers en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques (âge, sexe, revenus, mode de transport).</p>	<p>Enquête de préférences déclarées (177 réponses) : 13 propositions d'alternatives (plus 2 de contrôle) parmi 26 scénarios hypothétiques où seuls varient le coût du déplacement et la distribution des temps de parcours.</p>	<p>Ratio de fiabilité = 0,89 (valeur moyenne)</p> <p>Ce ratio de fiabilité est compris entre 0,62 et 1,41.</p>

Pôle de Compétences et d'Innovation

" Régulation dynamique des réseaux de transport "

Ce document a été élaboré sous le pilotage du Sétra par le PCI "Régulation dynamique des réseaux de transport".

Le PCI a pour objectifs d'apporter les éléments de diagnostic et d'évaluation nécessaires à l'élaboration et la mise-en œuvre des stratégies, mesures et systèmes de régulation des flux de transports, notamment dans une logique multimodale.

Le PCI est situé au CETE de Lyon et CETE Ile de France.



Rédacteur

Damien GRANGEON – CETE de Lyon PCI "Régulation dynamique des réseaux de transport".
téléphone : 33 (0)4 72 14 31 89 – télécopie : 33 (0)4 74 27 52 52
mél : Damien.Grangeon@developpement-durable.gouv.fr

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110, rue de Paris - SOURDUN – BP 124 – 77487 PROVINS Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :
• Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
• Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
© 2012 Sétra – Référence : 1217w – ISRN : EQ-SETRA--12-ED12--FR

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE