

Évaluation des projets d'exploitation sur les axes principaux d'agglomération

*Schéma directeur d'exploitation
de la route*

Réseau de niveau 1

Avis aux lecteurs

La collection Rapports d'étude du Certu se compose de publications proposant des informations inédites, analysant et explorant de nouveaux champs d'investigation. Cependant l'évolution des idées est susceptible de remettre en cause le contenu de ces rapports.

Le Certu publie aussi les collections :

Dossiers : Ouvrages faisant le point sur un sujet précis assez limité, correspondant soit à une technique nouvelle, soit à un problème nouveau non traité dans la littérature courante. Le sujet de l'ouvrage s'adresse plutôt aux professionnels confirmés. Le Certu s'engage sur le contenu mais la nouveauté ou la difficulté des sujets concernés implique un certain droit à l'erreur.

Références : Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné assez vaste, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel courant doit savoir. Le Certu s'engage sur le contenu.

Débats : Publications recueillant des contributions d'experts d'origines diverses, autour d'un thème spécifique. Les contributions présentées n'engagent que leurs auteurs.

Catalogue des publications disponible sur <http://www.certu.fr>

NOTICE ANALYTIQUE

Organisme commanditaire : DSCR			
Titre : Évaluation des projets d'exploitation sur les axes principaux d'agglomération			
Sous-titre : Schéma directeur d'exploitation de la route - Réseau de niveau 1		Date d'achèvement : Août 2004	
		Langue : Français	
Organismes auteur : CERTU, CETE de Lyon, CETE du Sud-Ouest, SETEC Économie		Rédacteurs : Christophe Dubois (CETE de Lyon), Frédéric Künkel (ex CERTU), Patrick Olivero (CETE du Sud-Ouest), Didier Revillon (SETEC Economie) Coordonnateurs : Jacques Nouvieu, puis Jean-Michel Serrier	
Relecteur assurance qualité : Robert Charvin, Jacques Nouvieu			
Résumé : Ce rapport d'études, qui a été élaboré par un groupe de travail composé de représentants du réseau technique du ministère de l'Équipement et d'exploitants de réseaux de niveau 1, aborde les différentes catégories d'évaluation - évaluation technique et socio-économique, évaluation de l'impact et de l'acceptabilité par l'utilisateur - qui peuvent être pratiquées sur les systèmes d'exploitation, dans leur ensemble ou sur certains de leurs aspects. Pour chaque mode d'évaluation, le présent ouvrage propose des méthodes de travail qui privilégient une approche réaliste des problèmes, fondées sur la manipulation de données quantifiables, et censées être à disposition des maîtres d'œuvre des projets. Procéder à une évaluation implique d'avoir recours à un exercice de comparaison entre deux situations distinctes. La comparaison est quelque peu différente selon qu'il s'agit d'une évaluation a posteriori ou d'une évaluation a priori ; dans une évaluation a posteriori on compare une situation initiale, avant réalisation du projet (appelée état zéro) avec une ou plusieurs situations après réalisation du projet ; dans une évaluation a priori l'état zéro est comparé à deux situations de référence hypothétiques : l'une dans l'hypothèse où le projet est réalisé ; l'autre dans celle où il ne l'est pas. Les différentes étapes du processus d'évaluation correspondent à des degrés divers de connaissances et de savoir-faire. Les évaluations techniques sont souvent les mieux appréhendées car elles renvoient à des pratiques familières aux techniciens (recettes de système, suivi des conditions de fonctionnement, tenue d'une maintenance, suivi des opérations de maintenance, etc.). Les projets européens de recherche et de développement, auxquels ont été associées de nombreuses équipes françaises depuis plus d'une décennie, ont contribué à faire évoluer favorablement la théorie en matière d'évaluation d'impact. En France, de nombreux travaux ont été menés sur ce thème au CERTU, au SETRA, à l'INRETS et dans les CETE. Le réseau de l'Équipement dispose d'ailleurs d'une équipe-ressource principalement spécialisée dans les évaluations d'impact (ZELT du CETE Sud-Ouest). Les évaluations d'acceptabilité font souvent appel à des spécialistes (ergonomes par exemple) ou demandent un minimum d'expérience en matière de communication avec les utilisateurs. Le corpus théorique existe toutefois, que ce soit en matière d'interfaces homme-machines ou d'enquêtes d'opinion. En matière d' évaluations économiques des projets d'exploitation, l'essentiel de la méthodologie employée aujourd'hui est une transposition de celle utilisée pour juger de la rentabilité des investissements routiers. Des travaux de recherche sont certainement encore nécessaires pour mieux prendre en compte les spécificités des impacts liés à l'exploitation. Ce rapport ne constitue en aucune manière une somme théorique définitive mais plutôt une image de l'état actuel des connaissances. Des éléments bibliographiques complètent ce rapport. Il a l'ambition d'offrir un panorama assez large et assez général des différentes facettes du problème que constitue l'évaluation. L'essentiel, pour le lecteur, est de bien situer ces différents aspects, d'en saisir la cohérence, et d'avoir un aperçu des méthodes et outils disponibles.			
Mots clés : Évaluation, Évaluation a posteriori, Évaluation a priori, État zéro, Indicateurs		Diffusion : restreinte papier plus téléchargement	
Nombre de pages :	94 Pages	Confidentialité : non	Bibliographie : oui

Information éditoriale

Ce document s'inscrit essentiellement dans la suite logique du guide « Exploitation des réseaux principaux des voiries d'agglomération, Schéma directeur d'exploitation de la route, réseaux de niveau 1 », édité par le CERTU en 1996. Celui-ci fournissait une série de recommandations techniques et fonctionnelles ayant pour but de proposer des systèmes qui satisfassent aux objectifs et missions du SDER. Le thème de l'évaluation n'était abordé que de façon très générale. Comme suite à ces premiers éléments, il semblait opportun d'apporter aux concepteurs et aux utilisateurs des systèmes d'exploitation un cadre méthodologique exhaustif illustré de cas pratiques, notamment au travers du retour d'expérience de projets déjà réalisés ou en cours d'élaboration.

Ce rapport d'études, principalement, mais pas seulement à l'usage des cellules d'ingénierie et de gestion du trafic, fournit un panorama de concepts et méthodes relatifs à l'évaluation des systèmes ou projets d'exploitation SDER de niveau 1. Il précise le vocabulaire et constitue la base de connaissances d'une « culture de l'évaluation », c'est-à-dire ce qu'il faut savoir avant de se lancer dans une démarche d'évaluation.

L'ossature principale du document est la décomposition de l'évaluation en quatre catégories, l'évaluation des impacts, l'évaluation de l'acceptabilité par les utilisateurs, l'évaluation technique, et enfin l'évaluation économique.

Enfin il renvoie vers une bibliographie et fournit en annexe un mémento et un exemple de plan d'expérience pour l'évaluation d'impact d'une application particulière.

Ce document a été rédigé par :

- Christophe Dubois, CETE de Lyon
- Frédéric Künkel, Ambassade de France à Tokyo, (ex CERTU)
- Patrick Olivero, CETE du Sud-Ouest /ZELT
- Didier Revillon, SETEC Économie

Sous la direction de :

- Jacques Nouvier puis de Jean-Michel Serrier, CERTU

Ont également participé à sa réalisation par leurs avis et contributions diverses :

- Pierre Baillet, CETE du Sud-Ouest
- Christophe Bouilly, DSCR
- Christine Buisson, LICIT
- Claude Caubet, SETRA

- Simon Cohen, INRETS
- Benoît Ferry, DREIF, (ex INRETS)
- Gildas Lemaitre, CETE Méditerranée
- Lior Perez, (ex SIER)
- Jean-Louis Sartre, CETE de Lyon
- Les correspondants « Exploitation » des CETE

Sommaire

1. Préambule	9
2. Construction des différents horizons de l'évaluation	15
3. L'évaluation des impacts	25
4. L'évaluation de l'acceptabilité	33
5. L'évaluation technique	43
6. L'évaluation économique	47
7. Conclusion	61
Éléments bibliographiques	63
Glossaire	65
ANNEXE n°1 : Le mémento en 12 étapes	73
ANNEXE n°2 : Exemple de plan d'expérience pour l'évaluation d'impact d'une régulation d'accès	85
Table des matières	91

1. Préambule

1.1 Position du problème

La construction de nouvelles infrastructures routières se heurte à des difficultés croissantes, d'ordre budgétaire, mais aussi et surtout d'ordre sociologique : les préoccupations touchant l'environnement prennent de plus en plus le pas sur les considérations économiques. Cette tendance est particulièrement prononcée dans le milieu urbain, autour des grandes villes, où le contingentement de l'espace restreint les possibilités de développement des réseaux de voies rapides.

Dans un tel contexte, et face à l'augmentation régulière des volumes de trafic, il devient nécessaire d'optimiser l'écoulement des flux le long des infrastructures existantes ou déjà programmées. Parmi les différentes politiques menées en ce sens, l'exploitation de la route semble être la plus prometteuse : non seulement elle a déjà fait ses preuves, mais les techniques qu'elle utilise sont, qui plus est, en constante progression.

Les projets d'exploitation tels que SIRIUS, CORALY, MARIUS, ou encore les systèmes plus récents s'inscrivent dans cette politique d'amélioration globale du niveau de service rendu sur les autoroutes urbaines. Que ce soit par la diffusion d'informations de trafic à l'intention de l'utilisateur, par la gestion rapprochée préventive et curative des incidents survenant sur le réseau, ou encore par la production d'indicateurs concernant les déplacements, ces systèmes permettent d'agir de façon significative sur les comportements des automobilistes. On ne se résigne plus aujourd'hui à voir s'intensifier les congestions récurrentes ou occasionnelles le long des autoroutes urbaines. L'obligation pour les grandes agglomérations de concevoir, dans le cadre de la loi sur l'air, des Plans de Déplacements Urbains (PDU), le développement des plates-formes inter-modales, ou la mise en place de mesures de restriction de la circulation durant les épisodes de pollution sont l'expression tangible de cette volonté d'agir. Dans cette perspective, les projets d'exploitation de niveau 1, existants ou à venir, sont appelés à jouer un rôle de plus en plus important dans les politiques de déplacements des grands pôles urbains.

Mesurer les effets produits par la mise en œuvre des systèmes d'exploitation est un exercice complexe : ils ne sont pas toujours quantifiables ou monétarisables, notamment pour ce qui est du confort ou de la satisfaction de l'utilisateur, et leur poids respectif varie selon le point de vue que l'on adopte. Il paraît cependant indispensable de pouvoir évaluer, au cas par cas, aussi bien la pertinence de la mise en place de tels systèmes en regard d'une situation de référence (actuelle et/ou projetée à moyen terme) que l'impact effectif de ces systèmes une fois qu'ils sont en service.

La nécessité d'avoir recours à un processus d'évaluation est d'autant plus forte que les coûts de réalisation de ces systèmes sont importants et supportés par de multiples acteurs politiques (État, Régions, Communautés Urbaines,...) qui exigent légitimement d'avoir une vision claire de l'utilisation qui est faite de leurs crédits et des résultats obtenus. En outre, le récent avènement des schémas de service collectif de transport et l'émergence du concept de développement durable incitent à considérer l'évaluation comme une composante essentielle du processus de décision des pouvoirs publics en ce qui concerne la réalisation de grands projets d'aménagement, en particulier lorsqu'il s'agit de projets routiers.

Les objectifs de l'évaluation ont évolué : ils ne visent plus simplement à évaluer *a posteriori* les opérations mais aussi à assister le maître d'ouvrage dans ses choix de réalisation en évaluant *a priori*.

1.2 Objet du document

Le présent document s'inscrit essentiellement dans la suite logique du guide « Exploitation des réseaux principaux des voiries d'agglomération. Schéma directeur d'exploitation de la route, réseaux de niveau 1 », édité par le CERTU en 1996. Celui-ci fournissait une série de recommandations techniques et fonctionnelles ayant pour but de proposer des systèmes qui satisfassent aux objectifs et missions du SDER. Le thème de l'évaluation n'était abordé que de façon très générale. Suite à ces premiers éléments, il semblait opportun de traiter le sujet de manière concrète, afin d'apporter aux concepteurs et aux utilisateurs des systèmes d'exploitation un cadre méthodologique exhaustif illustré de cas pratiques, notamment au travers du retour d'expérience de projets déjà réalisés ou en cours d'élaboration.

Ce rapport d'études, qui a été élaboré par un groupe de travail composé de représentants du réseau technique du ministère de l'Équipement et d'exploitants de réseaux de niveau 1, aborde les différentes catégories d'évaluations - évaluation technique et socio-économique, évaluation de l'impact et de l'acceptabilité par l'utilisateur - qui peuvent être pratiquées sur les systèmes d'exploitation, dans leur ensemble ou sur certains de leurs aspects. Pour chaque mode d'évaluation, le présent ouvrage propose des méthodes de travail qui privilégient une approche réaliste des problèmes, fondées sur la manipulation de données quantifiables, et censées être à disposition des maîtres d'œuvre des projets.

Procéder à une évaluation implique d'avoir recours à un exercice de comparaison entre deux situations distinctes. Comme on le verra plus loin la comparaison est quelque peu différente selon qu'il s'agit d'une évaluation *a posteriori* ou d'une évaluation *a priori* : dans une évaluation *a posteriori* on compare une situation initiale, avant réalisation du projet (appelée état zéro) avec une ou plusieurs situations après réalisation du projet ; dans une évaluation *a priori* l'état zéro est comparé à deux situations de référence hypothétiques : l'une dans l'hypothèse où le projet est réalisé ; l'autre dans celle où il ne l'est pas. On trouvera plus loin (cf. § 1.3.1) un schéma précisant ces comparaisons.

Ce document a pour but d'offrir un panorama de concepts et méthodes relatifs à l'évaluation des systèmes ou projets d'exploitation SDER de niveau 1.

L'ossature principale, que le lecteur devra garder en mémoire, est la décomposition de l'évaluation en quatre catégories :

- Évaluation des impacts appelée aussi « opérationnelle »,
- Évaluation de l'acceptabilité par les utilisateurs,
- Évaluation technique,
- Évaluation socio-économique.

1.3 Objectifs et catégories d'évaluation

Une multitude d'acteurs interviennent dans la réalisation d'un projet d'exploitation : le politique définit des orientations et des objectifs globaux qui sont assignés au système, le technicien est chargé de

traduire ces objectifs en choix techniques, et divers utilisateurs vont utiliser ce système qu'il s'agisse d'un utilisateur particulier tel que l'opérateur qui manipule le système ou l'usager qui utilise l'information routière. Ces acteurs interagissent et adoptent des méthodes de travail et d'organisations qui sont elles aussi susceptibles d'être analysées ou évaluées.

Ce guide traite uniquement de l'évaluation des projets d'exploitation, en supposant établis les objectifs généraux assignés au système, qui relèvent d'une étape amont, liée à la conception du système.

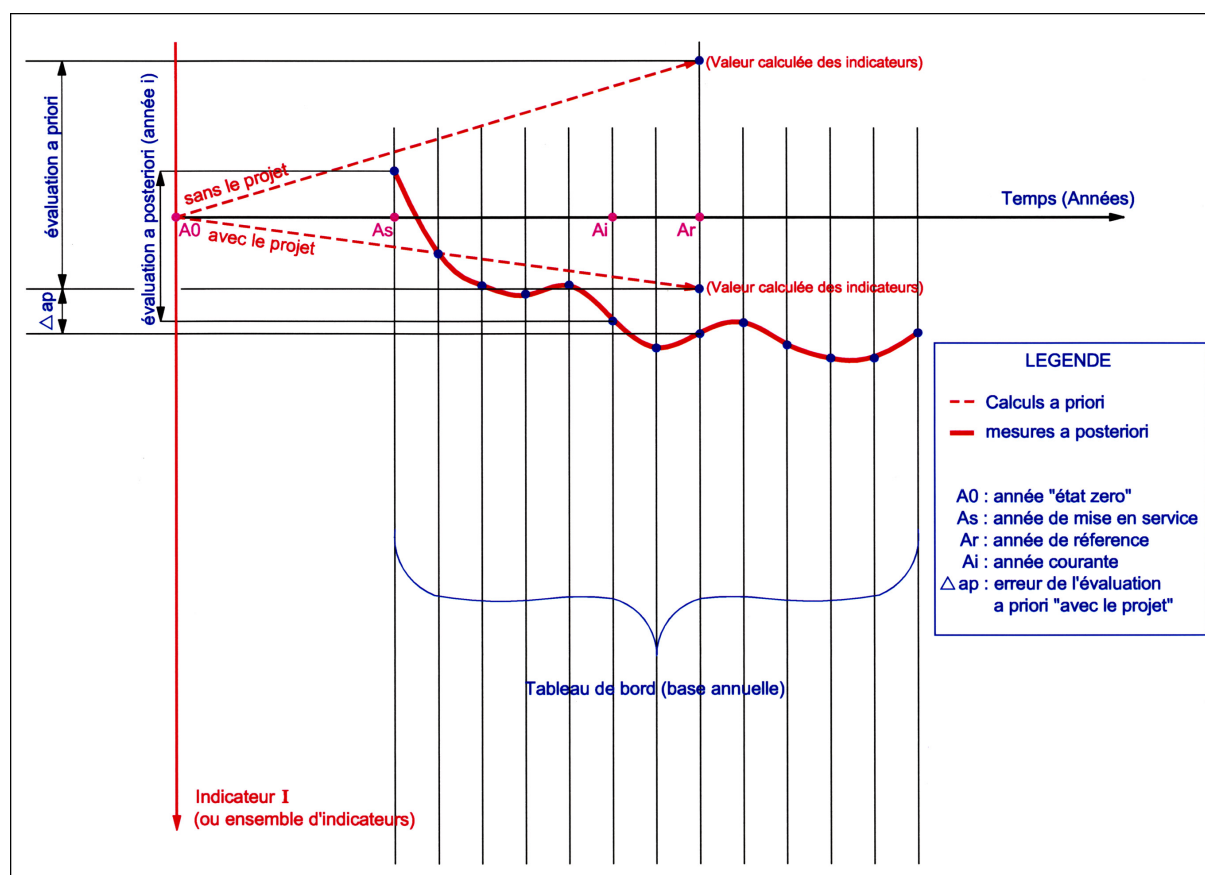
La question de l'entité qui doit faire l'objet de l'évaluation ne manque pas de se poser : analyse-t-on les bénéfices procurés par l'ensemble du projet d'exploitation (par exemple le projet SIRIUS), ou s'intéresse-t-on à la part spécifique d'un système donné (par exemple un PMV, une régulation d'accès) ? Nous tenterons dans ce document d'apporter des éléments de réponse sur ces deux aspects.

Le contexte temporel de la prise de décision amène également à distinguer les concepts d'évaluation *a priori* et d'évaluation *a posteriori*. Bien que cette distinction soit classique et assez intuitive, il est important de rappeler que l'évaluation *a priori* est effectuée préalablement à la mise en œuvre du projet, et a pour objectif d'apporter des éléments contribuant au choix d'une solution parmi plusieurs variantes concurrentes pour la réalisation du projet. L'évaluation *a posteriori* consiste au contraire, après la réalisation du projet, d'une part à en mesurer les effets, et d'autre part à vérifier le bien fondé des choix qui ont été faits initialement.

1.3.1 Évaluation des impacts

L'**évaluation d'impact** se comprend comme l'analyse de l'ensemble des impacts observés ou attendus par l'entremise des stratégies d'exploitation. Elle peut consister à mesurer les effets (ou certains effets) du projet sur la sécurité, sur l'environnement, sur le trafic, sur le confort des usagers, etc. Lors d'une telle évaluation on s'intéresse aux évolutions d'indicateurs d'impact par rapport à un état zéro ou une situation de référence, comme l'indique le schéma ci-dessous :

Comme indiqué plus haut, il faut distinguer les concepts d'évaluation *a priori* et d'évaluation *a posteriori*. Le schéma suivant illustre ce déroulement de l'évaluation.



Exemple :

L'indicateur I pourrait être, par exemple, un volume de bouchons (h x km) ; l'évaluateur établira les valeurs suivantes :

- par la mesure *in situ* : le volume de bouchons à l'état zéro (époque du démarrage de l'étude) ;
- par le calcul : une prévision du volume de bouchon à un horizon de référence (par exemple 10 ans plus tard) dans l'hypothèse où le projet d'exploitation n'est pas réalisé. Il utilisera pour cela des hypothèses sur l'évolution du trafic et sur l'élasticité du volume de bouchon en fonction de la demande ;
- par le calcul : une prévision du volume de bouchon au même horizon de référence que ci-dessus dans l'hypothèse où le projet d'exploitation est réalisé. Il utilisera les mêmes hypothèses que ci-dessus, mais également des hypothèses sur l'impact des systèmes prévus (par exemple l'information des usagers) ;
- par la mesure *in situ* : il établira annuellement le volume réel de bouchons constatés et établira ainsi un tableau de bord de cet indicateur.

Un exemple d'application de cette procédure est donné par le document « Gutenberg » cité en bibliographie.

1.3.2 Évaluation de l'acceptabilité par les utilisateurs

L'acceptabilité est la capacité d'un système à être admis dans un processus de travail ou dans un processus de prise de décision.

Il est rappelé que, dans ce document, le terme « utilisateur » est dérivé du mot anglais *user* et ne désigne pas exclusivement l'utilisateur final au sens français du terme. Il désigne toutes personnes ou organismes qui « ont un lien » avec le projet d'exploitation ou le système particulier évalué.

1.3.3 Évaluation technique

L'**évaluation technique** porte sur la faisabilité et les performances techniques des systèmes. Ce volet, dans le cas de l'exploitation routière, analyse les performances des différents composants comme la fiabilité des matériels, leur consommation d'énergie et d'une manière générale la disponibilité de fonctionnement des systèmes.

1.3.4 Évaluation socio-économique

L'**évaluation socio-économique** est la dernière catégorie d'évaluation, qui utilise les résultats les plus significatifs des évaluations techniques et d'impact en les transformant en données monétaires selon un canevas qui lui est propre. Compte tenu des contraintes ou des objectifs poursuivis, l'évaluation socio-économique propose une solution qui est alors dite optimale ou un ensemble de solutions dites satisfaisantes parmi l'ensemble des variantes candidates. L'évaluation socio-économique dresse le bilan socio-économique pour la collectivité. En général son but est d'alimenter le décideur en données monétarisées, qui apportent une dimension synthétique à l'ensemble des évaluations.

1.4 Rappel du contenu des évaluations demandées par la DSCR

Lors de l'élaboration des dossiers de DEP, d'APS, puis de Projet des opérations d'exploitation dynamique des VRU, il est rappelé que les services sont invités à porter une grande attention à l'évaluation. Le contenu des évaluations demandées aux différentes phases d'une opération d'exploitation est rappelé ci-dessous.

1.4.1 Au niveau du DEP

Il est essentiellement demandé une définition rigoureuse des objectifs de l'opération, et des stratégies d'exploitation prévues pour les atteindre. Une première analyse avantages / coûts est également demandée, en se fondant sur les ordres de grandeur des effets attendus du système, rapportés aux coûts estimés. Cette première étape est le préalable indispensable à toute évaluation.

1.4.2 Au niveau de l'APS

Le volet évaluation de l'APS comprend d'une part une évaluation *a priori*, et synthétise d'autre part l'ensemble des fonctionnalités que doit remplir le système d'exploitation afin d'intégrer pleinement les processus d'évaluation prévus.

- L'évaluation *a priori* comporte un certain nombre d'étapes obligatoires :
 - l'établissement d'un « état zéro », à partir des fichiers BAAC (et si nécessaire de certains procès-verbaux), de données SIREDO convenablement paramétrées (Q, TO, V sur 6min, si possible par voie, et par types de véhicules), d'observations *in situ* pour préciser les volumes de bouchon, etc.;

- l'établissement d'une situation de référence (dite aussi « au fil de l'eau »), construite à partir de l'état zéro, et permettant d'établir, à un certain horizon de référence postérieur à la date de mise en service prévue, l'état des indicateurs (sécurité, temps perdu, viabilité, environnement) dans l'hypothèse d'une absence de projet d'exploitation ;
- l'établissement d'une situation avec projet, (dite aussi « situation projet »), également construite à partir de l'état zéro, et permettant d'établir, au même horizon que la situation de référence, l'état des mêmes indicateurs, dans l'hypothèse de réalisation des mesures proposées à l'APS, ce qui nécessite de quantifier les objectifs qu'il est raisonnable d'espérer atteindre.

L'évaluation *a priori* est en fait une évaluation socio-économique qui valorise les avantages procurés par la situation projet, par comparaison avec la situation de référence, et qui permet de calculer des indicateurs économiques (du type « taux de rentabilité immédiate ») en comparant ces avantages aux coûts d'investissement, de fonctionnement et de maintenance.

Le résultat de l'évaluation *a priori* peut conduire l'exploitant, dans le cadre de l'APS, à affiner les stratégies d'exploitation et le programme de déploiement des équipements. S'ils sont minimes, les ajustements nécessaires peuvent être réalisés dans le cadre des études de Projet.

- L'évaluation, pour être réalisable *a posteriori* une fois l'opération mise en service, doit être intégrée au cœur du système.

Le volet « évaluation » de l'APS doit donc également recenser l'ensemble des fonctionnalités à remplir par le système d'exploitation afin de faciliter le plus possible la tâche de l'évaluateur, voire d'automatiser certains processus d'évaluation. A titre d'exemple, un maximum d'indicateurs devront être automatiquement calculés par le système informatique, afin d'éditer les tableaux de bord mensuels ou annuels quasi-automatiquement. De même, l'archivage des données, leur sécurisation, la possibilité de les consulter facilement en temps différé devront être prévus dans la conception du système. Enfin, le renseignement de certains indicateurs particuliers, tels que le nombre d'accidents en queue de bouchon par exemple (dans le cas d'un objectif de diminuer l'accidentologie en cas de bouchon), doit être prévu dès le départ afin de pouvoir suivre l'évolution de ceux-ci dans le temps.

1.4.3 Suivi *a posteriori*

Une fois l'opération mise en service, un suivi annuel tout au long du fonctionnement de l'opération et des évaluations *a posteriori* plus espacées sont également désormais demandés par la DSCR. Un tableau de bord est à remplir comprenant une liste renseignée d'indicateurs, éventuellement complétée par des enquêtes ou autres investigations.

Le suivi *a posteriori* débute à la date de mise en service du projet et se poursuit tout au long du fonctionnement de l'opération. Il est donc important de le budgéter dans l'opération.

Il comprend au moins :

- le suivi des indicateurs d'impact utilisés pour caractériser la situation de référence ;
- le suivi du fonctionnement du système, qui permettra aux maîtres d'ouvrage locaux de disposer d'indicateurs objectifs sur les performances du système ou des différentes fonctions qui le composent ;
- la qualification périodique (une fois tous les 3 à 5 ans par exemple), par des enquêtes d'opinion, de l'acceptabilité du système par l'utilisateur et de son appréciation sur le niveau de service offert.

2. Construction des différents horizons de l'évaluation

On appelle ici « horizons de l'évaluation » les différents états qui interviennent dans les comparaisons définies plus haut (cf. § 1.2) : état zéro, ensemble des états « après », états dits « de référence ».

2.1 État zéro

L'évaluation suppose que soit défini un état zéro, par rapport auquel seront comparés les impacts et autres bénéfices socio-économiques des actions d'exploitation mises en œuvre.

L'établissement de cet état zéro se heurte à une difficulté qu'il convient de prendre en compte : les mesures à effectuer peuvent nécessiter l'emploi de moyens techniques qui n'existent pas, puisque c'est précisément le projet qui a vocation à les mettre en œuvre. Cette difficulté est, dans la plupart des cas, plus théorique que réelle :

- D'une part, on le verra, les indicateurs nécessaires à l'établissement de la référence ne demandent pas tous l'emploi de moyens techniques sophistiqués.
- D'autre part, il est bien rare que le réseau à équiper soit, à l'état zéro, dépourvu de tous moyens de mesure (stations de comptage).
- En outre, il est parfois possible d'anticiper la réalisation du projet par la mise en place des quelques stations de comptage nécessaires.
- Enfin, il n'est évidemment pas interdit d'adapter la méthodologie proposée ici en fonction des disponibilités du site, en prenant garde au fait qu'un appauvrissement excessif de l'état zéro peut ôter toute crédibilité à l'évaluation.

2.1.1 Contexte

On établira préalablement, comme pièce initiale du dossier de l'état zéro¹, un rapport de contexte comportant au moins les éléments suivants :

- Une définition précise de l'aire d'étude, c'est-à-dire l'identification du réseau concerné, avec toutes données nécessaires pour en préciser l'extension géographique et les responsabilités en matière d'exploitation et de sécurité. On notera qu'il est également nécessaire d'inclure dans cette description le réseau urbain « classique » (hors VRU) en raison des interactions multiples des deux réseaux,
- Les principales caractéristiques géométriques (nombre de voies, pentes et rampes, points singuliers du tracé en plan, situation des points d'échange),
- Les données de base concernant les trafics (niveaux de trafic, principales hétérogénéités spatiales et temporelles),
- Les données de base concernant l'accidentologie (nombre d'accidents, densité par tronçon),
- Les données de base concernant l'environnement (points noirs du bruit recensés, risques hydrologiques ou géologiques identifiés, données disponibles concernant la qualité de l'air),

¹ Ces éléments font déjà partie des dossiers d'APS ; il s'agira donc d'en faire une présentation synthétique.

- Les grandes orientations d'ores et déjà connues et susceptibles de modifier à terme la situation actuelle (tendances en matière de démographie et d'urbanisation, implantation ou déplacement de centres d'activité, création programmée ou envisagée de nouvelles infrastructures),
- Le contexte politique et organisationnel (quel est le niveau actuel de coopération entre les divers exploitants ? Sous quelle forme cette coopération est-elle organisée ? Quels sont les objectifs communs (ou divergents) des uns et des autres ? Comment est organisée l'information des usagers ?).

Une fiche est proposée à la page suivante pour aider à la caractérisation du niveau de coopération.

Tableau 1 : description du contexte coopératif

- Quels sont les différents organismes impliqués directement ou indirectement dans la gestion des déplacements sur le réseau ? - Quelle est la nature des liens coopératifs entre tout ou partie de ces organismes ?			
Nature des liens coopératifs	Organismes concernés		Commentaires éventuels
Pas de coopération			
Coopération non formalisée			
Coopération formalisée par une convention de partenariat			
Coopération formalisée dans une structure juridique			
Si des liens coopératifs existent, sous une forme quelconque, en préciser les modalités :			
	OUI	NON	Commentaires éventuels
Il existe une gestion commune des situations de crise.			
Il existe une concertation pour la planification des chantiers			
Il existe des plans de gestion de trafic communs.			
Il existe des outils techniques communs (simulation, planification, etc.)			
Il existe un serveur commun de données			
L'information à destination de l'utilisateur fait l'objet d'une élaboration consensuelle.			
Certains organismes partagent des locaux communs.			
Autres modalités			

2.1.2 Liste des indicateurs

2.1.2.1 Méthode

On propose dans ce qui suit une liste d'indicateurs susceptibles de caractériser l'état zéro. Ces indicateurs sont définis par deux paramètres : la disponibilité et l'universalité. La disponibilité caractérise la capacité d'un indicateur à être mesuré ou calculé avec plus ou moins de difficulté ; l'universalité caractérise l'extension du domaine d'application de l'indicateur.

A/ Disponibilité

On distingue deux catégories² :

1. Catégorie D1 : il s'agit d'indicateurs qui, sauf exception, sont mesurables ou calculables aux moyens de dispositifs présents sur tous les sites faisant l'objet d'action d'exploitation de niveau 1 ; il peut s'agir aussi d'indicateurs à extraire de bases de données usuelles, disponibles sur de tels sites. Ces indicateurs sont donc, en principe, immédiatement disponibles, sans moyens complémentaires.
2. Catégorie D2 : il s'agit d'indicateurs dont la disponibilité n'est pas usuelle (donc qui nécessitent des moyens complémentaires de recueil ou d'analyse), mais dont l'obtention ne se heurte pas à des difficultés méthodologiques notables.

B/ Universalité

On distingue également deux catégories :

- U1 : Indicateurs utiles pour tous les projets.
- U2 : Indicateurs qui sont utiles lorsque le projet présente certaines spécificités en termes d'objectifs ou de stratégies. Ces indicateurs ne sont donc pas nécessaires dans tous les projets.

C/ Application

Nous distinguerons ci-dessous deux grandes catégories d'indicateurs pour caractériser la situation de référence :

- Le noyau dur constitué par les indicateurs de type **D1U1**. Ce sont des indicateurs dont on peut considérer qu'ils sont nécessaires pour établir la référence de tous les projets d'exploitation et qui, en outre, sont généralement disponibles dans tous les services (au moins dans les grandes agglomérations).
- Les indicateurs complémentaires, de type **D2U1 ou D2U2**. Ce sont des indicateurs dont on peut considérer qu'ils sont généralement nécessaires pour établir la référence des projets d'exploitation, mais qui, à l'heure actuelle, ne sont pas toujours disponibles dans les services

² Ont également été identifiés des indicateurs de type D3, pour lesquels on ne peut pas considérer que la méthodologie d'obtention soit stabilisée. Ces indicateurs font ou feront l'objet d'approfondissements méthodologiques et seront proposés quand leur maturité sera suffisante pour qu'on puisse les considérer comme opérationnels. Ils ne sont donc pas cités ici.

ou nécessitent des investissements en moyens ou méthodes de mesure. Certains de ces indicateurs sont spécifiques à des contextes particuliers et ne seront pas envisagés par l'évaluateur si ce contexte est absent ou non problématique (par exemple les indicateurs relatifs à l'utilisation des VRU par les TC).

2.1.2.2 Les indicateurs du noyau dur

Tableau 2 : les indicateurs du noyau dur

Indicateurs	Source ou mode d'obtention	Commentaires
Nombre d'accidents corporels, avec répartition en fonction de la gravité	Fichiers BAAC	La source BAAC induit un retard de 6 mois environ.
Nombre d'accidents matériels	Main courante, fichier des dépanneurs	Relevé vraisemblablement non exhaustif et souvent difficile à obtenir.
Points d'accumulation d'accidents	Fichiers BAAC	Points noirs ; axes accidentogènes.
Point d'accumulation de sur-accidents	Fichiers BAAC	Localisation, nombre d'occurrences de sur-accidents ; principales circonstances.
Analyse des variables de contexte relatives à la sécurité	Fichiers BAAC et autres sources disponibles	Étude de sécurité permettant de mettre en relief les circonstances accidentogènes.
Répartition en % des trafics de transit, d'échange et interne.	Enquêtes	
Flux de trafic (Q^3 , TO^4 , V^5) sur VRU	Stations de comptage usuelles (SIREDO généralement)	TMJA, fluctuations mensuelles, fluctuations hebdomadaires, heures de pointe, etc.
Flux de trafic (Q , TO , V) sur réseau associé		
% PL	Stations de comptages ou comptages sur échantillon	

³ Débit : nombre de véhicules passant en un point donné pendant une période donnée.

⁴ Taux d'occupation : pourcentage du temps durant lequel le dispositif de comptage (classiquement une boucle à induction) est sollicité par le passage de véhicules. Pratiquement, c'est le rapport de la somme des temps de présence des véhicules mesurés pendant une période déterminée, à la durée de cette période.

⁵ Vitesse : vitesse observée en un point donné ou sur un parcours.

Indicateurs	Source ou mode d'obtention	Commentaires
Volume de trafic	Stations de comptage et longueur des tronçons concernés.	S'exprime en veh*km, pour une période déterminée. Peut concerner certains tronçons ou l'ensemble du réseau (on parlera alors de volume global de trafic)
Temps total passé en circulation	Traitement des données issues des stations de comptage.	Peut concerner certains tronçons ou l'ensemble du réseau. De plus, pour le volume des encombrements, des réflexions sont en cours pour préciser la méthode comme, par exemple la note de la ZELT « Contribution à la réflexion sur les indicateurs caractéristiques de la congestion » citée en bibliographie.
Indicateur de vitesse globale		
Volume des encombrements	Traitement des données issues des stations de comptage ; des enquêteurs in situ peuvent être utiles pour préciser les longueurs de bouchon.	
Caractérisation des HP du matin et du soir : date d'apparition et de disparition de la pointe	Stations de comptage Heure (ou horodate)	
Analyse statistique des événements : localisation, répartition journalière ou horaire, durée, réduction de capacité induite rapporté au volume de trafic (nombre de voies neutralisées), classification par types, etc.	Main courante des exploitants, des forces de l'ordre, des dépanneurs. Systèmes DAI.	La liste précise des indicateurs à établir est laissée à l'initiative des l'exploitant, en fonction de la finesse de description des événements dont il dispose.
Statistiques des intempéries	Disponible à la météo. ⁶	Nombre de jours de neige, de brouillard, etc.
Vitesse commerciale des TC sur le réseau de référence	Disponible auprès des exploitants ou à établir sur échantillon. ⁷	
Points noirs de bruit : Nombre de logements non protégés situés à l'intérieur de l'isophone 65 dbA.	Un recensement national des points noirs du bruit existe. Des méthodes de calcul prévisionnel sont disponibles (cf. CERTU et CETE).	

⁶ Il ne s'agit pas de réaliser une étude météorologique fine, mais d'identifier la nature et la fréquence des événements susceptibles d'influer sur l'exploitation des voies : pluies, neige, verglas, vent violent.

⁷ La vitesse commerciale (km/h) inclut la durée des arrêts aux stations.

Indicateurs	Source ou mode d'obtention	Commentaires
Indicateurs d'émission de polluants et de consommation de carburant	A établir par modélisation à partir des données de trafic.	Se rapprocher des spécialistes (CERTU, SETRA, INRETS, CETE) pour les modèles disponibles.
Indicateurs d'accessibilité	Notions ⁸	
Temps de parcours (moyenne et variabilité) ⁹	Enquêteurs embarqués, relevés minéralogiques datés, traitement d'image, modélisation.	Sur les tronçons les plus réactifs aux mesures d'exploitation.
Consultation de site trafic sur l'Internet	Nombre de consultations	

Les indicateurs de type D1U1 peuvent être classés en deux catégories :

- ceux qui caractérisent les activités du système d'exploitation (occurrences d'affichage d'un message sur PMV, DAI, RAU,...)
- ceux qui caractérisent les activités des services (mains courantes,...)

On peut observer aussi que le nombre de ces indicateurs est un indice de performance du CIGT.

⁸ Comme précisé ci-dessus, l'indicateur d'accessibilité traduit une double notion :

- L'accessibilité peut être définie comme étant la quantité de biens, de services, d'emplois, ou encore le volume de population qu'un individu peut joindre à partir d'un point donné, compte tenu du niveau d'offre d'infrastructures routières, de son comportement de déplacement et de l'attractivité des destinations possibles.
- Les opportunités qu'offre le territoire ne prennent de sens qu'à travers les conditions de transport qui permettent d'y accéder, et inversement les conditions de transport offertes par le réseau n'ont d'intérêt qu'en fonction des destinations desservies.

La formalisation résulte de l'interprétation des comportements de mobilité observés :

- L'utilité du déplacement augmente avec le nombre d'opportunités, c'est-à-dire avec la quantité de biens ou de services présents dans la destination et susceptibles de satisfaire le besoin considéré.
- L'utilité du déplacement décroît avec l'éloignement, avec le coût du transport.

Des méthodes de calcul d'indicateurs ont été développées dans le RST, en particulier dans les CETE.

⁹ Variabilité : à caractériser par l'écart-type ou par l'écart à la moyenne.

2.1.2.3 Les indicateurs complémentaires

Tableau 3 : les indicateurs complémentaires

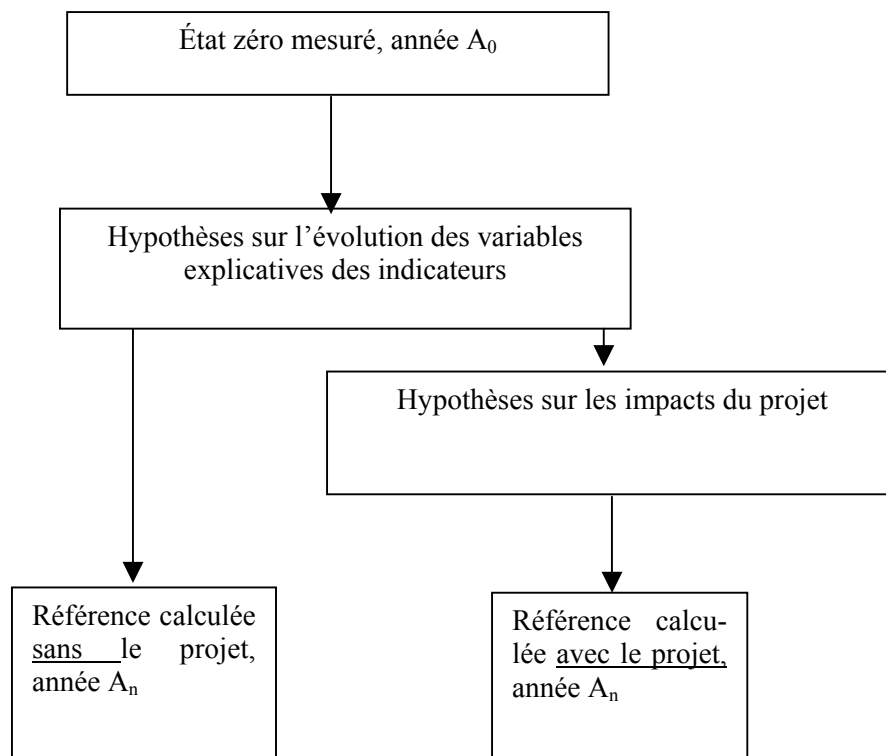
Indicateurs	Source ou méthode d'obtention	Commentaires
Temps perdu dans les bouillons récurrents	Différence entre le temps passé en circulation sur les tronçons exposés à la congestion et le temps passé sur les mêmes tronçons en vitesse libre.	
Cartographie des O/D suivant les modes : en structure (chemins empruntés) et en volume (niveau de trafic)	Enquêtes « cordon » ou modèles d'affectation.	
Mesure de satisfaction des utilisateurs	Enquêtes de satisfaction.	L'indicateur synthétique dépend des questions posées à l'utilisateur. Retenir l'idée d'un baromètre de satisfaction.
Encombrement des carrefours du réseau urbain - longueur de files d'attente	Relevés in situ par observateur ou vidéo	Carrefours assurant les échanges VU/VRU ou concernés par des itinéraires de délestage.
Ratio volume de trafic VRU/volume de trafic réseau associé	Stations de comptage	Essentiellement utile dans le cas d'itinéraires concurrents (corridors).
Estimation des temps de parcours entre itinéraires concurrents : VRU et réseau associé	Enquêteurs embarqués, relevés minéralogiques datés, traitement d'image, modélisation.	

2.2 États « après » dans une évaluation *a posteriori*

On construit une batterie d'indicateurs qui sont un sous-ensemble des indicateurs de l'état zéro. Les considérations qui président au choix de ces indicateurs sont précisées aux paragraphes 3.2 et 3.3.

2.3 États de référence dans une évaluation *a priori*

Le processus d'évaluation *a priori* consiste à comparer la situation théorique des indicateurs pour une année de référence (par exemple 15 ans après la mise en œuvre du projet), dans l'hypothèse où le projet est mis en place, avec la situation des mêmes indicateurs dans l'hypothèse où le projet n'est pas mis en place. Le schéma ci-dessous décrit le processus :



Le choix de l'année de référence devra tenir compte du planning de réalisation du projet et de sa décomposition fonctionnelle : l'année de référence sera, pour une tranche fonctionnelle donnée, l'année la plus probable de mise en service.

2.3.1 Hypothèses sur l'évolution des indicateurs

Il s'agit essentiellement de faire des hypothèses sur l'évolution de la demande de trafic entre les années A_0 et A_n et sur l'évolution de l'accidentologie, indépendamment du fait que le projet soit ou ne soit pas mis en œuvre (scénario d'évolution *au fil de l'eau*).

Evolution de la demande :

Il n'y a pas de méthodologie générale à cet égard, car les particularités locales sont prédominantes dans l'évolution. On se basera essentiellement sur les éventuelles études de trafic prévisionnelles à moyen ou long terme qui peuvent être disponibles.

Evolution de l'accidentologie et de la gravité des accidents

- Les hypothèses sur le nombre d'accidents corporels et matériels seront établies par *extrapolation raisonnée* des données historiques disponibles (fichiers BAAC). L'expression *extrapolation raisonnée* signifie que l'extrapolation linéaire est rarement pertinente et qu'il convient de prendre en compte dans le choix des hypothèses les tendances lourdes constatées au cours des toutes dernières années (renforcement de la répression des infractions et sensibilisation accrue du public à la sécurité routière).

- Il n'est généralement pas possible de faire des hypothèses fiables sur la gravité des accidents. Sauf indications particulières, on reconduira donc le taux d'accidents corporels et les taux des différentes catégories de victimes observés dans les données historiques.

2.3.2 Hypothèses sur l'impact des systèmes

On appréciera les impacts probables du projet sur la congestion et sur la sécurité par référence à l'état de l'art français et international.

L'expérience montre que les impacts en termes de temps perdu dans les encombrements et en termes de sécurité sont largement prépondérants dans le bilan global. D'autres impacts du second ordre pourront toutefois être envisagés : consommation énergétique, émission de polluants, bruit, etc.

Remarque : le fait de dire que des impacts sont du second ordre du point de vue du bilan socio-économique ne signifie pas qu'ils le soient du point de vue de leur importance sociale.

On utilisera principalement la note de synthèse préparée en octobre 2003 pour le CGPC par Jacques Nouvier (CERTU), Claude Caubet (SETRA) et Simon Cohen (INRETS) : *Évaluation des actions d'exploitation sur VRU – État de l'art*, ainsi que les sources bibliographiques citées par cette note.

3. L'évaluation des impacts

3.1 Position du problème

Évaluer l'impact d'un système (ou d'un ensemble de systèmes ou de sous-systèmes) consiste à apporter une réponse à la question suivante : dans quelle mesure les bénéfices (en termes d'exploitation) procurés par l'introduction du système sur le réseau, répondent-ils aux objectifs qui lui ont été assignés ? Par exemple : quel est le gain en temps de parcours sur VRU procuré par une régulation d'accès ? Quel est l'impact sur la distribution des trafics d'une information par PMV ? etc.

Il est important de dissocier cette question de celle qui relève de l'évaluation technique qui s'attache à quantifier les performances d'un matériel ou d'un système, ou à comparer entre elles les performances de plusieurs matériels ou systèmes.

Le problème est à traiter de manière différente suivant que l'évaluation concerne un système isolé (éventuellement décomposé en sous-systèmes) ou une opération globale à l'échelle d'une agglomération (opérations de type SIRIUS en Ile-de-France, ALIENOR à Bordeaux, ERATO à Toulouse, CORALY à Lyon, etc.). Dans ce dernier cas, nous introduirons le concept de « tableau de bord » qui sera précisé plus loin.

3.2 Évaluation d'impact d'un système isolé : un mémento en 12 étapes pour préparer un plan d'évaluation

Le mémento présenté ici (mémento en 12 étapes) est issu du projet européen *Field Trials*¹⁰. Il a été repris, sous une forme différente dans le projet MELYSSA, puis dans le projet CONVERGE du 4^e Programme Cadre pour la Recherche et le Développement (4^e PCRD).

Il s'agit d'un cadre général qui fournit un ensemble aussi exhaustif que possible de questions que doit se poser l'évaluateur.

Ces 12 étapes (ou questions) sont les suivantes :

- Quel système tester ?
- Quel site de test ?
- Quel type de comparaison ?
- Quels impacts mesurer et quels indicateurs ?
- Quels blocs de contexte considérer ?
- Quels moyens de mesure utiliser ?
- Quelles tailles pour les échantillons ?
- Quelles corrections réaliser ?
- Quels tests statistiques appliquer aux résultats ?
- Quel planning ?

¹⁰ Projet du programme de recherche européen DRIVE 1 dont les partenaires étaient ZELT, HEUSCH-BOESEFELD, Université de Salford, Université de Munich.

- Quelles dispositions pratiques ?
- Quels sont les biais possibles ?

La linéarité de la liste n'exclut pas des retours en arrière. Beaucoup d'étapes ne sont pas indépendantes des précédentes et des suivantes (par exemple : le choix des indicateurs n'est pas indépendant de la disponibilité des moyens de mesure). On peut donc « naviguer » à sa guise dans ce cadre général.

Il est important de préciser que le mémento, s'il fournit la liste des questions à se poser, est insuffisant à lui seul pour fournir l'ensemble des réponses. En d'autres termes, il ne s'agit pas d'une méthode qui fournirait automatiquement un plan d'évaluation, mais d'un cadre permettant au projeteur de se poser les questions essentielles permettant d'élaborer ce plan d'expérience.

Des précisions sur chacune des étapes figurent en annexe, ainsi qu'un exemple de plan d'expérience préparés avec ce mémento en 12 étapes.

3.3 Évaluation d'un système global : le tableau de bord

Il s'agit ici d'évaluer globalement les bénéfices induits par une opération d'exploitation (de type SIRIUS, CORALY, ERATO, ALIENOR, etc.). On ne s'intéresse pas à l'impact de tel ou tel système, mais au cumul des bénéfices apportés par l'ensemble des systèmes (ou dispositions organisationnelles). On ne cherche donc pas à identifier la part de chaque système dans le bénéfice global ; ce dernier peut comporter une part additive résultant d'une synergie entre systèmes, ou, a contrario, une part soustractive résultant d'éventuelles contradictions entre les impacts de différents systèmes.

3.3.1 La notion de tableau de bord

L'évaluation globale d'un système d'exploitation relève plus d'un processus continu que d'une démarche « avant-après ». En conséquence on établira pour le projet un tableau de bord qui aura un instant zéro arbitraire, mais précisément daté.

Cette notion de tableau de bord est donc le point central de l'évaluation continue du projet. Le tableau de bord a une réalité matérielle sous forme de fichier et/ou d'écran graphique et/ou de synoptique mural ; il sera constitué par un ensemble d'indicateurs dont on suivra l'évolution.

Ces indicateurs, pour avoir un sens, devront être déduits de manière étroite des objectifs qui ont présidé à l'élaboration du projet.

Quelques précautions sont nécessaires :

1. Prendre immédiatement des mesures conservatoires pour ne pas perdre des données. Parmi celles-ci on peut citer :
 - Identification et archivage de toutes données disponibles depuis la date de la référence (accidentologie, données de trafic, etc...).
 - Définition de la nature et de la périodicité des mesures et enquêtes à réaliser à partir de la date de lancement du processus d'évaluation.

- Tenue d'une main courante de tous les événements susceptibles d'influer sur l'offre et sur la demande. En particulier :
 - Mise en service de nouvelles infrastructures, y compris des infrastructures de transport en commun.
 - Chronologie précise de la mise en service de tous les équipements d'exploitation, ainsi que de toutes mesures susceptibles d'influer sur la demande (information en particulier) ou sur le comportement des usagers.
 - Chronologie des modifications importantes en matière d'urbanisme, ou plus généralement, en matière d'activité, susceptibles d'avoir une influence sur la demande.
- 2. Identifier les indicateurs globaux qui seront utilisés pour l'évaluation, et définir les moyens de mesure et/ou de traitement correspondants. Ces indicateurs sont directement corrélés avec les objectifs qui ont présidé à la réalisation de l'opération et peuvent donc varier selon les projets. On peut toutefois estimer que quatre volets seront généralement présents :
 - La sécurité
 - L'environnement
 - La fluidité
 - La modification de la demande en fonction de l'information fournie aux usagers.
- 3. Identifier les indicateurs qui pourront se prêter à une monétarisation. Ce n'est pas le cas de tous les indicateurs (voir chapitre 6).
- 4. A contrario, ne pas limiter obligatoirement l'évaluation aux impacts monétarisables.
- 5. Définir le (ou les) indicateur(s) permettant d'apprécier l'évolution de la demande.

Muni de ce tableau de bord, l'évaluation *a posteriori* du système d'exploitation à l'instant *t* sera constituée par la comparaison de chacun des indicateurs du tableau de bord établis aux instants zéro et *t*.

3.3.2 Les indicateurs du tableau de bord

On s'inspirera du tableau d'indicateurs proposé dans le paragraphe 2.1.2.

A titre d'exemple on fournit ci-dessous le tableau de bord proposé pour un projet récent.

Tableau 4 : un exemple de tableau de bord

Nom	Description	Périodicité de la mesure ou du calcul
NA%	Pourcentage d'évolution du nombre d'accidents sur l'ensemble du réseau : d'une année à l'autre ; sur 3 ans ; sur 5 ans.	Annuelle
GA%	Pourcentage d'évolution de la gravité des accidents sur l'ensemble du réseau : d'une année à l'autre ; sur 3 ans ; sur 5 ans.	Annuelle
QA%	Pourcentage d'évolution du nombre d'accidents en queue de bouchon : d'une année à l'autre ; sur 3 ans ; sur 5 ans.	Annuelle
PA%	Pourcentage d'évolution du nombre d'accidents par temps de pluie : d'une année à l'autre ; sur 3 ans ; sur 5 ans.	Annuelle
ID	Valeur moyenne et intervalle de confiance de l'interdistance entre véhicules.	Annuelle
NNA%	Pourcentage d'évolution du nombre d'accidents de nuit : d'une année à l'autre ; sur 3 ans ; sur 5 ans.	Annuelle
PLA%	Pourcentage d'évolution du nombre d'accidents impliquant au moins un PL : d'une année à l'autre ; sur 3 ans ; sur 5 ans.	Annuelle
VNA	Nombre d'occurrences journalières d'usagers non autorisés sur le périphérique.	Semestrielle
SA	Nombre d'événements potentiellement dangereux par heure d'intervention du personnel	Variable, selon le nombre d'interventions importantes programmées
VB%	Pourcentage d'évolution du volume de bouchons sur l'ensemble du réseau : d'une année à l'autre ; sur 3 ans ; sur 5 ans.	Mensuelle
VAR1	Amplitude maximale relative des temps de parcours.	3 fois par an
VAR2	Coefficient de dispersion autour de la moyenne : m/σ . A établir par grandes sections du réseau.	3 fois par an
RC	Coefficient de répartition de charge. A établir par grandes sections du réseau	Mensuelle
DIS%	Indice de satisfaction sur la disponibilité de l'information.	Annuelle
COM%	Indice de satisfaction sur la compréhension de l'information.	Annuelle
UTI	Indice de satisfaction sur l'utilité de l'information.	Annuelle
UTN	Indice de satisfaction sur l'utilisation de l'information.	Annuelle

3.4 Complément concernant la gestion des situations perturbées

Nous fournissons ici quelques éléments théoriques pouvant contribuer à l'évaluation de la gestion des situations perturbées.

3.4.1 Typologie des perturbations

La notion de perturbation recouvre des événements divers dont la typologie peut être organisée autour des critères suivants :

1. Critère d'occurrence : la perturbation est, ou n'est pas, prévisible.
2. Critère de fréquence : si la perturbation est prévisible, elle est, ou n'est pas, récurrente.
3. Critère de sévérité : l'ampleur prévisible ou constatée des conséquences est faible, moyenne, grande ou exceptionnelle.
4. Critère d'évolutivité : la fiabilité de la prévision d'évolution de la perturbation est forte, moyenne, incertaine ou nulle.
5. Critère de responsabilité : la perturbation est susceptible, ou pas, de mettre en cause la sécurité ou l'ordre public¹¹.

Cette typologie donne au concept de perturbation une grande extension puisqu'il peut s'appliquer, par exemple :

- Aux bouchons récurrents des heures de pointe quotidiennes : perturbation prévisible, récurrente, de moyenne ampleur, à l'évolution prévisible et ne mettant pas en cause la sécurité ou l'ordre public.
- A un événement catastrophique, par exemple la diffusion de matières toxiques suite à un accident de poids-lourds : perturbation non prévisible, non récurrente, d'ampleur exceptionnelle, à l'évolution incertaine et mettant en cause la sécurité publique.

3.4.2 Structure des délais d'intervention

Dans le cas le plus général, on peut distinguer dans le processus du traitement de la perturbation six étapes chronologiques :

1. L'alerte,
2. Le premier diagnostic,
3. Les mesures d'urgence,
4. Les mesures conservatoires,

¹¹ Ce critère permet de situer le niveau d'implication des forces de l'ordre dans le traitement de la situation.

5. Le suivi,

6. Le retour à la situation normale.

L'alerte

Elle comporte, dans le cas général, deux étapes :

- L'accident est signalé à un ou plusieurs exploitants,
- L'alerte est diffusée à l'ensemble des exploitants.

Le premier diagnostic

Il s'agit de mettre en oeuvre les moyens permettant d'avoir un premier aperçu des problèmes à traiter. Cette phase comporte deux sous-phases :

- Les mesures opérationnelles (envoi de personnels sur le terrain, observation vidéo, échanges d'information entre exploitants,...),
- La phase consensuelle et parfois informelle d'établissement du premier diagnostic, en fonction des informations reçues.

Les mesures d'urgence

- Le secours aux victimes éventuelles,
- La signalisation du bouchon sur la VRU (pour éviter les collisions en queue de bouchon),
- L'identification du chargement répandu sur la chaussée et le déclenchement des mesures correspondantes (si nécessaire),
- La mise en oeuvre des moyens de dégagement de la chaussée.

Les mesures conservatoires

Il s'agit des mesures permettant d'assurer, autant que faire se peut, la continuité des déplacements. Par exemple :

- Détourner le trafic VRU entrant en amont du lieu de l'accident,
- Activer sur les carrefours urbains concernés le mode de régulation approprié,
- Mettre en place une signalisation de déviation provisoire,
- Informer le public par tous moyens appropriés.

Le suivi

Deux aspects sont concernés :

- La mise en place des moyens permettant d'apprécier l'évolution de la situation et, en premier lieu, les moyens d'information permettant l'échange d'information.
- Le contrôle dynamique de la perturbation, c'est-à-dire l'ensemble des processus de concertation et de décision permettant de rectifier, d'accentuer ou d'annuler certaines dispositions prises à l'étape précédente en fonction des évolutions constatées.

Le retour à la situation normale

On doit distinguer :

- La phase de constat consensuel, et parfois informel, sur le retour à la normalité ; par exemple : les victimes éventuelles sont prises en charge, le chargement répandu est neutralisé, les chaussées sont dégagées, etc.
- la phase de neutralisation des mesures conservatoires dans un ordre chronologique cohérent.

3.5 Un cas particulier : l'évaluation des structures

Nous entendons ici par « structure » l'ensemble de tout ou partie des éléments suivants :

- Des dispositions contractuelles ou juridiques fixant l'organisation, le fonctionnement des et les moyens des services,
- Des procédures d'échanges d'informations ou de mise à disposition de l'information, ainsi que les outils et bases de données correspondantes,
- Des entités permettant le travail en temps différé (bureau d'étude, observatoire,...),
- Des procédures permettant le règlement et le suivi en temps réel des situations perturbées, ainsi que les dispositions matérielles correspondantes (salle opérationnelle, salle de crise, ...).

Dans le cas de structures coopératives (c'est-à-dire faisant intervenir plusieurs partenaires différents, gérant des réseaux différents), la structure peut inclure également des outils « fédérateurs » constituant une couche de supervision des outils propres à chaque exploitant.

L'évaluation des structures est une tâche complexe sur laquelle on manque encore de recul et de méthodologie robuste. La question posée est de savoir dans quelle mesure l'organisation et les moyens participent aux performances de l'exploitation.

En la matière, on devra souvent se contenter d'une analyse préalable (et non d'une évaluation) permettant d'identifier, autant que faire se peut, les conditions optimales d'efficacité. Il s'agit d'une analyse de type ergonomique, qui pourra, pour chaque grand objectif d'exploitation, intégrer les étapes suivantes :

1. Caractérisation des tâches prescrites,
2. Caractérisation des moyens matériels disponibles (outils, bases de données),

3. Caractérisation des moyens humains disponibles (niveau de compétence et de mise à disposition),
4. Interaction « tâches-moyens » : identification des atouts et des obstacles.

4. L'évaluation de l'acceptabilité

4.1 Définitions préalables

4.1.1 Acceptabilité

Il s'agit d'un néologisme, dérivé de l'anglais, qui s'est imposé en France faute d'un consensus sur un terme plus « académique ».

L'acceptabilité est la capacité d'un système à être admis dans un processus de travail ou dans un processus de prise de décision.

Les freins à l'acceptabilité peuvent être nombreux :

- Scepticisme sur la fiabilité,
- Scepticisme sur l'utilité,
- Contraintes non acceptables pour l'utilisateur final,
- Interface Homme-Machine¹² défectueuse,
- Modifications non acceptées des habitudes de travail.

4.1.2 Utilisateur

Nous rappelons que, dans ce document, le terme « utilisateur » est dérivé du mot anglais *user* et ne désigne pas exclusivement l'utilisateur final au sens français du terme. Il désigne toutes personnes ou organismes qui « ont un lien » avec le projet d'exploitation ou le système particulier évalué, soit, principalement :

- Les autorités responsables des divers types de réseau,
- Les techniciens qui ont en charge la mise en œuvre du système et/ou sa maintenance (parfois appelés « opérateurs »),
- Les usagers professionnels des réseaux (taxis, services de secours, livreurs, conducteurs de bus),
- Les usagers « citoyens » qui correspondent au concept français « usager » (client pour les sociétés d'autoroutes,...).

Par simplification, on regroupera ici ces utilisateurs en deux grandes catégories :

1. Les exploitants (autorités et techniciens),
2. Les usagers (professionnels ou non professionnels).

¹² Abrégé en IHM dans ce qui suit.

4.1.3 Ergonomie

L'ergonomie est la discipline qui étudie les conditions de travail, du point de vue psychophysiologique et/ou socio-économiques, ainsi que les relations entre l'homme et la machine.

La racine grecque *ergon* renvoie à la notion de travail ; toutefois une dérive a autorisé son emploi dans une acception qui renvoie à la notion d'usage : on parle de l'ergonomie d'un appareil quel qu'il soit, qu'il s'agisse ou non d'une machine utilisée dans un environnement de travail (ergonomie d'un appareil électroménager par exemple).

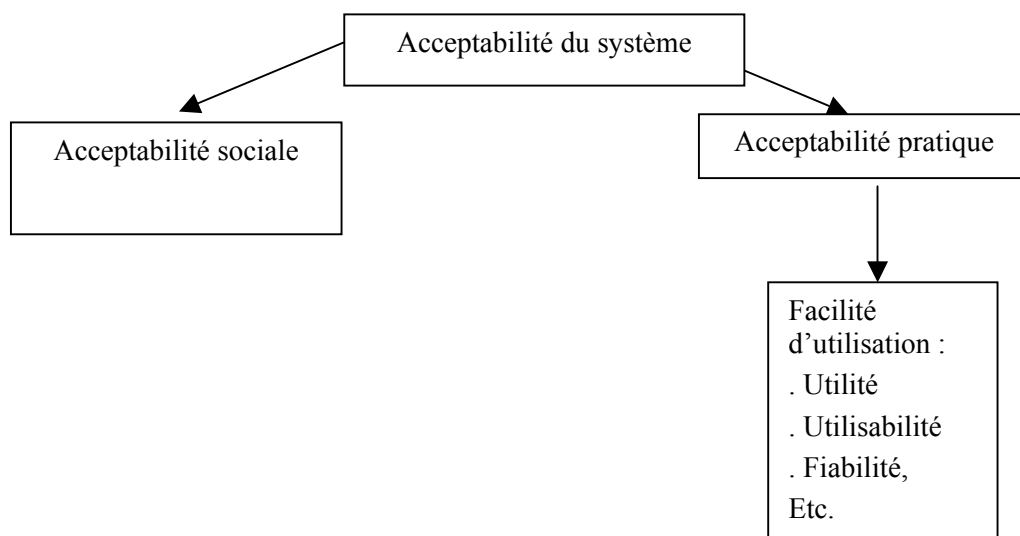
Ces deux acceptions justifient que l'ergonomie soit présente dans l'évaluation de l'acceptabilité, que les « sujets » concernés soient des exploitants (versant « travail ») ou des usagers (versant « usage »).

4.2 Processus d'évaluation de l'acceptabilité

4.2.1 Position du problème

On peut identifier les variables suivantes pour qualifier l'acceptabilité.¹³

Figure 1 : l'acceptabilité



¹³ Nous empruntons ce schéma à NIELSEN, *Usability engineering*, Academic Press, 1993, cité par KOLSKI, *Interfaces homme-machine*, p. 287, Hermes, 1997.

L'acceptabilité sociale renvoie :

- Pour les exploitants : à des problèmes relevant de la situation professionnelle de l'agent dans la structure de travail. Par exemple : le nouveau système va-t-il remettre en cause la structure hiérarchique, induire une pression sur la productivité du travail, nécessiter une remise en cause des compétences, accentuer le contrôle par la hiérarchie etc. Il n'y a guère de véritable « méthode », à notre connaissance, pour apprécier *a priori* l'acceptabilité sociale, autre que la combinaison de l'utilisation par la hiérarchie de la connaissance qu'elle a du service et de ses agents, et une information préalable à effectuer à tous les niveaux concernés par le futur système.
- Pour les usagers : à des problèmes touchant principalement au respect de la vie privée, à l'acceptabilité d'une éventuelle tarification des services et à l'appréciation sur l'évolution du niveau de service offert par la collectivité. Dans ces domaines également, on ne pourra guère s'appuyer que sur la connaissance des attentes (largement diffusée dans le milieu technique par le biais d'enquêtes et d'expériences) et sur la diffusion des résultats obtenus sur d'autres sites. Sur ce dernier point, on entre alors dans un domaine complexe qui est celui de la transférabilité des systèmes, que nous n'avons pas le loisir de développer ici, mais dont une tentative d'approche est en cours de rédaction.

Par contre, pour apprécier *a priori* l'acceptabilité pratique, et plus particulièrement l'utilité et l'utilisabilité, on dispose de méthodes qui, bien qu'elles relèvent de compétences de spécialistes, sont disponibles :

- L'utilité caractérise la capacité d'un système à satisfaire les objectifs de travail d'un opérateur ou les exigences de niveau de service d'un usager. L'évaluation préalable de l'utilité consiste donc principalement en une étude de l'adéquation à la tâche ou au besoin.
- L'utilisabilité caractérise la qualité du rapport homme-machine. On est là dans un domaine que les ergonomes appellent parfois « ergonomie de surface ». Diverses règles sont disponibles auprès des spécialistes, en particulier celles édictées par la norme NF Z 67110 qui portent en particulier sur :
 - le confort de lisibilité,
 - des couleurs et textes "ergonomiques",
 - la compréhension des informations fournies et sa simplicité,
 - la rapidité d'apprentissage,
 - la tolérance aux erreurs de saisie,
 - la rapidité d'exécution des tâches,
 - l'aide au dialogue,
 - l'utilisation d'un langage familier à l'utilisateur,
 - la simplicité de manipulation (utilisation maximale de la souris),
 - la rapidité de lancement d'une commande,
 - une présentation adaptée des menus et enchaînements logiques des écrans.

Nous ne détaillons pas ces différents aspects relatifs à l'évaluation *a priori* de l'acceptabilité, qui nécessitent l'intervention de spécialistes, et développerons ci-dessous quelques points touchant à l'évaluation *a posteriori* de l'acceptabilité.

4.2.2 Évaluation *a posteriori* de l'acceptabilité

L'évaluation de l'acceptabilité *a posteriori*, et principalement lorsqu'il s'agit d'apprécier l'acceptabilité par les usagers doit tenir compte de la dynamique des situations et du contexte des déplacements. On ne doit pas tenir pour acquis les résultats d'une évaluation réalisée à une certaine date. On ne peut que conseiller aux maîtres d'ouvrage de procéder à un suivi périodique de l'acceptabilité par les usagers, c'est-à-dire de mettre en œuvre périodiquement des mesures d'évaluation.

4.2.3 Méthodes

Nous distinguons ici deux grands familles de méthodes, en les différenciant en fonction de la participation du sujet (qu'il soit exploitant ou usager)¹⁴ :

- Méthodes à sujet passif,
- Méthodes à sujet actif.

Dans la 1^o catégorie, le sujet est observé ; il est censé utiliser la machine, ou son interface, dans des conditions réelles et usuelles d'utilisation.

Dans la 2^o catégorie, le sujet exprime sa propre vision du problème : on est alors dans le domaine, très large, des entretiens et des enquêtes.

On notera toutefois qu'il est fréquent d'associer des méthodes issues de ces deux catégories et que les méthodes à sujet passif sont souvent accompagnées d'un entretien postérieur avec le sujet¹⁵.

4.2.3.1 Méthodes à sujet passif

Les méthodes décrites ci-dessous¹⁶ demandent le concours de spécialistes et, parfois, de matériels d'observation spécifiques.

- Le monitoring (ou « mouchard électronique ») consiste à saisir automatiquement certaines actions d'un opérateur ou d'un usager pour analyse ultérieure (par exemple les actions réalisées sur les touches d'un clavier). Ces informations peuvent être utilisées pour évaluer en ligne la charge de travail, les stratégies de travail utilisées, le séquençement des tâches, la fréquence

¹⁴ Cette classification n'est pas classique, et certainement contestable par des spécialistes. Elle nous semble suffisante pour brosser le tableau schématique des méthodes. On trouve dans la littérature de nombreuses classifications basées sur des critères divers ; par exemple chez SWEENEY and al. *International Man-Machine Studies*, 38, pp. 689-711, 1993, une classification en 3 familles : méthodes basées sur l'utilisateur ; méthodes basées sur la théorie ; méthodes basées sur une expertise. Sur cette question de la classification des méthodes, Cf. Christophe Kolski, *Interfaces homme-machine*, pp.288-290, Hermes, 1997.

¹⁵ Les considérations qui suivent sont des exposés très schématiques. L'ergonomie fait l'objet de nombreux travaux universitaires et industriels, accompagnés de très nombreuses publications. On ne peut qu'effleurer ici le sujet en restant très pragmatique. Le recours à un ergonome reste la règle dès lors que l'on souhaite engager une étude sérieuse.

¹⁶ Nous avons fait de nombreux emprunts, dans ce chapitre à l'ouvrage de Christophe Kolski cité plus haut. Christophe Koski est professeur à l'université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis et directeur de recherche au CNRS.

d'utilisation de certaines fonctions, etc. Cette méthode est utilisable à la fois pour évaluer l'acceptabilité par des exploitants ou par des usagers.

- L'analyse des traces écrites lors du travail (acceptabilité par les opérateurs) relève de la même philosophie : recueillir et étudier certaines « traces » de l'activité de travail. Pour le domaine qui nous occupe les mains courantes ou autres échanges écrits entre exploitants peuvent être particulièrement utiles pour mettre en évidence d'éventuels dysfonctionnements.
- L'observation in situ avec prise de notes et/ou enregistrement vidéo et/ou enregistrement audio. Pour être fructueuse, cette méthode doit être utilisée lorsque l'opérateur concerné a affecté à des tâches précises. S'il s'agit d'un opérateur multi-tâches, l'exhaustivité des comportements a peu de chance d'être obtenue.
- L'observation des mouvements oculaires : technique sophistiquée nécessitant du matériel oculométrique. Citée pour mémoire.
- Le laboratoire d'ergonomie : laboratoire équipé de l'ensemble des dispositifs permettant d'analyser l'ergonomie d'un logiciel. Cité pour mémoire. Pour un exemple de laboratoire d'ergonomie et de la méthode d'évaluation correspondante, consulter le site du CNRS : http://www.dsi.cnrs.fr/bureau_qualite/ergonomie/lab0.asp

4.2.3.2 Méthodes à sujet actif

4.2.3.2.1 Les entretiens au sein de panels d'utilisateurs

Les entretiens peuvent être réalisés individuellement ou en groupe. Dans tous les cas, quelques précautions sont nécessaires.

1. Avoir une idée des questions sur lesquelles on souhaite centrer les échanges. Ce point est particulièrement important pour l'efficacité de la conduite des entretiens. Il est peu vraisemblable en effet qu'il y ait une parfaite adéquation entre la vision du problème par l'animateur et celle des participants. En d'autres termes, cela signifie qu'il est probable que la hiérarchie supposée des problèmes ne correspondra pas à la hiérarchie réellement vécue par les personnes concernées. L'animateur doit être capable de juger « au fil des mots » si les digressions de l'entretien correspondent à une dérive ou à un recentrage inattendu des problèmes. Cette capacité de jugement en temps réel n'est pas évidente à acquérir, et l'aide d'un animateur professionnel sera souvent utile.
2. Identifier les sujets dont on peut supposer, a priori, qu'ils puissent être conflictuels ; non pour les esquiver, mais pour s'apprêter à limiter les débordements intempestifs infructueux.
3. Avoir conscience de l'existence d'une problématique « discours explicite / discours implicite » : certains discours doivent être « décodés » : ce qui est dit est parfois, pour des raisons diverses souvent légitimes (manque d'aisance dans l'expression orale par exemple), un « habillage » de ce que le participant souhaite exprimer.
4. Pour certains sujets, tels que ceux qui traitent des méthodes de travail ou de l'environnement de travail, être très clair sur le fait que les supérieurs hiérarchiques soutiennent la démarche.
5. Prendre garde au biais « de complaisance ». Ce biais se traduit par une certaine « complicité » qui s'établit entre l'animateur et les participants, et qui pousse ces derniers à fournir les réponses dont ils s'imaginent qu'elles sont attendues.

6. A contrario, lorsque des usagers sont impliqués, prendre garde au biais « partisan ». L'entretien peut être vécu comme un moment d'expression libre où l'on cherche moins à établir des conclusions nuancées qu'à défendre certains points de vue.
7. Le problème de la composition de l'échantillon est difficile : lorsque les exploitants sont concernés, il n'est pas rare de pouvoir réunir un échantillon de taille réduite mais regroupant quasiment la totalité des personnes concernées par le problème. Mais lorsqu'il s'agit de réunir des usagers le problème est insoluble de manière rigoureuse. En effet, il est difficile, pour des raisons pratiques de pouvoir réunir un échantillon statistiquement significatif, sauf en ayant recours à des bureaux d'études spécialisés. On est dans la plupart des cas ramené à une demi-mesure consistant à réunir un petit nombre de spécialistes (membres d'association par exemple) et d'usagers « de base ». En conséquence, lorsqu'il s'agira d'évaluer l'acceptabilité des usagers finaux, nous suggérons fortement de procéder par enquête et non par entretien¹⁷.

4.2.3.2.2 Les questionnaires

Nous allons examiner les principaux problèmes liés à la réalisation et à l'exploitation d'un questionnaire. On prendra garde à ne pas sous-estimer l'ampleur d'une tâche qui ne peut en aucun cas être traitée à la sauvette.

1. Composition de l'échantillon

Les questionnaires permettent facilement d'obtenir un échantillon dont la taille est statistiquement satisfaisante. Le problème de l'échantillon est essentiellement celui de sa composition¹⁸. Pour toute enquête de ce type, on est confronté à la problématique suivante : ou bien on recherche une stratification (âge, CSP, sexe, etc.) proche de celle de la population totale ; ou bien on construit des catégories spécifiques au problème posé, en privilégiant les caractéristiques qui assurent une adhérence optimale à ce problème.

Le choix entre ces deux méthodes dépend des objectifs poursuivis : si l'on cherche avant tout à connaître l'acceptabilité « grand public », on privilégiera la première. Si l'on cherche à obtenir des avis plus techniques et plus détaillés on utilisera la seconde ; mais dans ce dernier cas on se gardera de prétendre que les réponses reflètent l'avis de la population.

Dans le cas (fréquent) où le choix se porte sur une stratification de type « âge, CSP, sexe, etc. » la constitution de l'échantillon est affaire de spécialistes des enquêtes, qui peuvent en garantir la représentativité¹⁹.

Dans le second cas, on peut constituer soi-même un échantillon en tenant compte des disponibilités locales (associations, professionnels de la route, services administratifs divers).

2. Réalisation et test du questionnaire

Le test préalable d'un questionnaire auprès d'un échantillon réduit est une nécessité. Les erreurs les plus fréquentes sont en effet :

- L'incomplétude : des thèmes importants ont été oubliés.

¹⁷ Sauf s'il s'agit d'usagers professionnels qui disposent d'instances représentatives.

¹⁸ Les développements qui suivent concernent principalement les enquêtes auprès des usagers.

¹⁹ Attention, il faut prendre garde au fait qu'au fil des options possibles dans les questions posées l'échantillon disponible sur certaines d'entre elles peut être beaucoup plus réduit que l'échantillon initial.

- L'ambiguïté : la question est mal formulée et peut susciter plusieurs interprétations.
- L'obscurité : la question fait appel à des termes techniques, ou d'usage courant dans le milieu technique, dont la signification, évidente pour le rédacteur, peut être incompréhensible pour l'utilisateur.
- La difficulté d'utilisation : c'est le cas, par exemple, si, dans une question à choix multiple, des réponses possibles ont été oubliées, ou si la rubrique « autre réponse » a été omise.
- La redondance : la crédibilité du questionnaire est mise en cause si des mêmes sujets sont abordés plusieurs fois, même sous des formes différentes.

Le questionnaire étant généralement traité avec des moyens informatiques, on testera également préalablement la faisabilité de ce traitement. Quelques écueils sont à éviter en la matière :

- L'ambiguïté sur la codification des « non réponses », à distinguer ou pas des réponses du type « ne sait pas ».
- Le traitement des discontinuités dans l'enchaînement des questions : que doit faire le programme de traitement (ou le codificateur) si une première question entraîne une seconde, et que la première n'a pas été renseignée ?
- Le manque de précision sur les unités à employer dans les réponses quantifiées (une vitesse, un temps).
- Plus généralement : tous les problèmes liés à des formats non homogènes.
- Le flou sur la nature des tris que l'on demandera à l'issue de la codification : certaines options peuvent ne pas être possibles, soit en raison d'impossibilités structurelles (on veut croiser des données qui ne sont pas liées), soit en raison des limitations du logiciel ou (plus rarement) du matériel utilisé. On aura donc tout intérêt à faire l'effort de fournir préalablement pour avis à l'informaticien, la liste des tris qui lui seront demandés.

3. Diffusion du questionnaire

Il n'est pas possible de donner des « recettes » en la matière, tant le mode de distribution dépend de la cible visée. On trouvera dans le tableau ci-dessous quelques considérations sur les méthodes les plus courantes :

Tableau 5 : comparaison de divers modes de diffusion des questionnaires

Méthode	Avantages	Inconvénients
Appel téléphonique	Permet de contrôler parfaitement l'échantillon, en taille et en nature. Permet à l'interviewer de lever certains doutes ou ambiguïtés	Recours à une société spécialisée. Coût. Rendu incertain des réponses aux questions ouvertes.

Méthode	Avantages	Inconvénients
Distribution sur la voie publique	Coût réduit (emploi possible de vacataires non spécialisés).	S'il s'agit de véhicules, leur arrêt pour enquête nécessite un arrêté préfectoral et la présence de forces de police. Si l'on profite d'arrêts « naturels » (feux ou bretelles) le choix des points d'enquête est parfois limité. En outre, taux de réponse incertain en raison de la multiplicité des interventions publicitaires de ce type sur voirie.
Distribution dans les boîtes aux lettres	Coût réduit. Possibilité d'une distribution de taille très importante.	Contrôle de l'échantillon limité au lieu d'habitat. Taux de réponse incertain.
Distribution par envoi postal ciblé	Excellent contrôle de l'échantillon.	Difficulté pour définir la cible. Logistique assez lourde.
Enquête par Internet	Coût faible. Diffusion importante.	La catégorie CSP reste encore ciblée. Nécessité d'un site attractif associé au questionnaire. Aucun contrôle de la cible.

4. Retour du questionnaire

Il n'existe que deux cas où cette question ne pose pas de problème : les enquêtes téléphoniques et les enquêtes par arrêt contrôlé des véhicules (les réponses sont collectées sur place). Dans tous les autres cas, l'obtention d'un taux de réponse satisfaisant passe par la fourniture d'une enveloppe de type T (pas d'affranchissement). Le coût peut ne pas être négligeable.

5. Questions diverses

- Prévoir (hormis les cas d'intervention orale directe de l'enquêteur) une courte introduction précisant sans ambiguïté l'organisme pour lequel l'enquête est réalisée, et ses objectifs généraux. Dans le cas d'une intervention orale directe, fournir préalablement à l'enquêteur le discours introductif et quelques éléments lui permettant de répondre aux objections ou questions prévisibles.
- Décider préalablement si les personnes qui ont répondu peuvent, à leur demande et sur fourniture de leur nom et adresse, être destinataires des résultats de l'enquête ou d'une synthèse de celle-ci.
- Décider préalablement si les résultats feront l'objet d'une diffusion générale « grand public » (presse, site WEB, etc.). Ne pas négliger le fait que cette diffusion constitue une tâche à part entière dont il faudra identifier le mode de validation.

4.3 Conclusion

La mesure de l'acceptabilité par les utilisateurs/usagers est par essence un volet important de toute évaluation. En la matière, il est très facile de se tromper de bonne foi en avançant des résultats insuffisamment robustes d'un point de vue statistique, ou biaisés pour des raisons diverses.

On est là dans un terrain d'autant plus délicat, que de telles évaluations sont souvent médiatisées ou utilisées à des fins diverses.

La plus grande rigueur s'impose donc, ainsi que la répétition périodique de telles consultations. Avec quelle périodicité ? Une base annuelle serait évidemment souhaitable, mais ces enquêtes ont un coût, non seulement pour les réaliser, mais aussi pour les exploiter et les diffuser. On doit donc être pragmatique et l'on se fixera, au minimum, de procéder à une consultation chaque fois qu'un volet important du projet est mis en œuvre, avec un maximum de 5 ans entre deux consultations.

5. L'évaluation technique

5.1 Généralités

Pour l'exploitant d'un SAGT, évaluer techniquement son système, ou une composante de son système, suppose que celui-ci soit opérationnel. En effet, la notion d'**évaluation technique *a priori*** renvoie, de fait, à la phase conceptuelle du système. Il ne s'agit plus alors d'évaluer mais de spécifier des besoins, des performances, des fonctionnalités, et en définitive d'arrêter les choix techniques fondamentaux qui présideront à la réalisation du système d'exploitation. Bien entendu, cet exercice est grandement facilité par le retour d'expériences — si des options techniques (architecture, matériels, fonctionnalités,...) se sont révélées mauvaises par le passé, on évitera de les reconduire à l'identique —, et donc, par l'évaluation technique de systèmes opérationnels.

L'évaluation technique est donc avant tout liée à un processus d'analyse ***a posteriori*** du fonctionnement d'un système, considéré soit dans sa globalité, soit par une ou plusieurs des différentes fonctions qui le composent. A ce titre, on distinguera l'évaluation technique globale de l'évaluation technique des sous-systèmes que sont par exemple les chaînes du recueil et du traitement des données, la diffusion de l'information, etc.

5.2 L'évaluation technique globale

Évaluer un système d'exploitation dans sa globalité suppose nécessairement que l'on revienne aux objectifs initiaux qui ont prévalu à sa réalisation. En effet, pour atteindre ces objectifs on aura défini des stratégies d'exploitation puis mis en place des moyens, techniques et humains. L'évaluation technique globale consiste alors à analyser les performances des différentes ressources du système qui sont sollicitées dans le processus de production des données et des informations mises en œuvre par les différentes stratégies d'exploitation.

Pour ce faire on dispose de trois types d'approche, non exclusives les unes des autres qui permettent à l'exploitant de caractériser de façon agrégée, et plus ou moins exhaustive, l'état de bon fonctionnement du système.

5.2.1 Le suivi d'indicateurs macroscopiques

La première manière de concevoir une évaluation globale consiste en un suivi d'un tableau de bord d'indicateurs qualifiant les états de marche des principaux équipements du système. Pour chacun d'eux on suivra principalement leur disponibilité et leur fiabilité. La disponibilité mesurant la proportion du temps durant laquelle ceux-ci sont réputés être en état normal de fonctionnement, la fiabilité, quant à elle, s'attachant à qualifier, lorsque cela est possible, le degré d'exactitude des informations produites ou traitées par l'équipement.

Les parcs de PMV, de caméras, de boucles de comptage, de SAV, de PAU pourront ainsi faire l'objet d'un suivi régulier de leur taux de disponibilité. Ce suivi sera facilité en ayant recours le plus possible à des traitements automatiques : ceci suppose que le système informatique du SAGT possède une fonction de supervision des équipements, générant des fichiers d'alarmes (défauts ou pannes). On notera toutefois que l'auscultation automatique à distance de l'état de marche des caméras n'étant pas possible (hormis les aspects transmission), on se limitera à un suivi statistique des déclarations de pannes du recueil de vidéosurveillance.

Si l'on reste dans une logique d'analyse temporelle de la disponibilité du SAGT, il peut être aussi judicieux d'avoir recours à un suivi des pannes du système informatique ayant perturbé, voire provisoirement arrêté son fonctionnement. Pour cela, il est nécessaire de pouvoir analyser les fichiers traces — ou messages d'erreur — des machines principales que sont le serveur et le frontal équipements.

Si l'on s'attache à qualifier la fiabilité des équipements génériques d'un système d'exploitation, on peut, là encore, utiliser des outils de supervision qui à partir de tests adaptés à chacun d'eux peuvent détecter des anomalies de fonctionnement.

A titre d'exemple, on peut ainsi procéder à un contrôle des données de comptage en :

- écartant les données aberrantes du triplet Q , TO^{20} , V ,
- en procédant à des tests de poche sur les débits (comparaison des flux entrant et sortant d'une même section du réseau),
- en isolant les capteurs qui produisent des données qui ne sont pas « rafraîchies » régulièrement.

En plus d'être exploitées en temps différé dans le cadre d'un travail d'évaluation, ces informations sont bien souvent utilisées en temps réel pour alimenter le SAGT en données fiables, ou réputées l'être, optimisant ainsi ses performances intrinsèques.

A ce titre, l'exercice de spécifications du système est fondamental : outre la définition des stratégies d'exploitation et la spécification des outils qui les mettent en œuvre, il s'agit aussi, dès la phase de conception, d'anticiper sur les besoins, qui se révéleront par la suite être nécessaires, de capitalisation du fonctionnement (exploitation en temps différé) et d'optimisation des processus de traitement des composantes du système (supervision, qualification des données).

5.2.2 L'évaluation de ressources particulières

Une autre façon d'envisager l'évaluation technique globale d'un système est de concentrer l'exercice sur les ressources impliquées dans la mise en œuvre de la stratégie d'exploitation jugée comme principale par rapport aux objectifs fondateurs du système. Cette approche paraît d'autant plus adaptée dès lors que ces ressources sont nombreuses et déterminantes dans l'architecture du SAGT.

Par exemple, on pourra avoir recours à l'évaluation de la production et de la diffusion des temps de parcours si l'on considère que cette stratégie est prépondérante dans l'atteinte²¹ d'un objectif d'optimisation de l'écoulement du trafic sur le réseau. Dès lors, l'évaluation technique aura pour objet de répondre, entre autres, aux deux questions suivantes :

- le système arrive-t-il à élaborer des temps de parcours là et quand on souhaiterait qu'il le fasse : c'est toujours l'approche d'un suivi de la disponibilité qui prévaut alors.
- les temps de parcours diffusés à l'utilisateur sont-ils de bonne qualité ?

²⁰ Taux d'occupation : pourcentage du temps durant lequel le dispositif de comptage (classiquement une boucle à induction) est sollicité par le passage de véhicules. Pratiquement, c'est le rapport de la somme des temps de présence des véhicules mesurés pendant une période déterminée, à la durée de cette période.

²¹ C'est l'évaluation d'impact qui permettra de dire si la diffusion de temps de parcours a un effet sur l'utilisation du réseau par les usagers.

Dans pareil cas on voit bien que l'on revient à évaluer techniquement les performances du recueil de données, des PMV, et des algorithmes de calcul de temps de parcours.

Pour ce qui est du recueil de données et des PMV, on peut utiliser les méthodes décrites précédemment (suivi d'indicateurs), tandis ce que pour la validation de la performance des algorithmes il est nécessaires d'avoir recours à d'autres méthodes : suivi des écarts entre temps calculés par le système et temps mesurés en trafic (campagnes de mesures régulières organisées par le service ou sous-traitée à un organisme d'enquêtes, interviews d'utilisateurs...), analyse de la réactivité des algorithmes dans différents profils de trafic (fluide, congestion, incident).

De la même façon, on pourra envisager d'évaluer techniquement la chaîne technique impliquée dans l'optimisation du traitement et de la détection des incidents dès lors que l'objectif sécurité est mis en avant.

On retrouvera là encore des équipements tels que le RAU, les PMV, et ceux impliqués dans des procédés de DAI (capteurs boucles et/ou vidéo). Pour ces derniers on étudiera alors plus particulièrement le taux de détection (proportion du nombre d'incidents détectés effectivement par le système) et le taux de fausses alarmes produites par les systèmes.

5.2.3 Rôle de la maintenance dans l'évaluation technique

Bien évidemment la maintenance des systèmes d'exploitation ne constitue pas en soit une méthode d'évaluation technique globale des systèmes d'exploitation. Par contre de son organisation, et notamment de la faculté qu'elle a à suivre l'ensemble des dysfonctionnements des matériels sollicités par le système, dépend la capacité pour l'exploitant d'avoir recours à des indicateurs significatifs qui lui permettront d'évaluer le système.

En particulier, le suivi de la maintenance doit permettre d'avoir un accès facile aux informations suivantes :

- nombre de pannes globales,
- nombre de pannes par type d'équipement,
- typologie des pannes,
- fréquence des pannes par type d'équipement,
- fréquence de pannes par équipement,
- délais de remise en service des équipements ayant fait l'objet d'une déclaration de pannes, etc.

Ces informations sont complémentaires à celles décrites dans les chapitres précédents. En effet, de l'analyse de ces données peut découler la mise en place de mesures correctives, comme par exemple la maintenance préventive qui a pour objet d'améliorer le taux de disponibilité des équipements en augmentant les contrôles « intermédiaires ». De la même façon, l'étude du processus de maintenance doit faire prendre conscience de l'impact de l'organisation humaine affectée à ces tâches : évaluer techniquement un système ne doit pas exclure le facteur humain. L'homme peut en effet être, en partie, à la source des dysfonctionnements (mauvaise configuration des systèmes, erreur de manipulation, non respect des consignes...) et, par ailleurs, ne pas être en mesure de gérer au mieux l'ensemble des problèmes techniques auxquels il est confronté. Aussi, évaluer les performances techniques d'un système

suppose que l'on ait recours à un audit des procédures, des consignes, voire des compétences afférentes aux individus et à leurs méthodes de travail.

5.3 Méthode d'évaluation technique d'un équipement

Le mémento qui suit pourra utilement servir de guide à l'évaluateur dans sa démarche d'évaluation technique :

1. Définition du système à tester,
2. Définition des indicateurs et des critères de réponse correspondants,
3. Définition des méthodes, moyens, outils de mesure, des critères de réponse,
4. Considérations statistiques, échantillonnage,
5. Planification de l'expérience,
6. Analyse préalable de la robustesse du test,
7. Organisation pratique.

Dans la pratique on se réfère souvent aux procédures de recette de systèmes, qui définissent l'ensemble des actions à effectuer pour pouvoir affirmer qu'un système est réputé conforme aux spécifications techniques : pour chaque fonction du système, des cas de tests sont définis et des fiches de recette établies.

Exemples d'outils d'évaluation technique :

- bancs de tests, outils de mesures directes,
- des outils d'évaluation opérationnels (des outils informatiques permettant de formuler des diagnostics rapides) :
 - Outils de gestion centralisée des équipements : vision exhaustive de l'état des PMV et des causes de dysfonctionnement,
 - Outil de surveillance du RAU : l'ensemble des réseaux d'appel d'urgence peuvent être télé surveillés à partir d'un site central,
 - Outil de contrôle du Recueil automatique de données permettant d'analyser l'état du parc de stations de mesure de trafic,
 - Outil de suivi de traitement des pannes,
 - Outil de « redémarrage » à distance des systèmes informatiques en cas de dysfonctionnement.
- un outil de Gestion Technique centralisée permettant de formuler des diagnostics complexes et d'identifier rapidement l'origine des dysfonctionnements serait utile.

6. L'évaluation économique

6.1 Les principes de l'évaluation économique

Principe de base

L'évaluation économique a pour objectif de base la mise en correspondance du coût d'un projet (ou d'un système) et les avantages (ou désavantages) que ce projet ou système est susceptible d'induire.

La mise en correspondance suppose l'existence d'une unité de mesure commune aux coûts et aux avantages, et c'est tout naturellement l'unité monétaire qui est utilisée.

Nous n'envisageons dans ce chapitre que des effets dont la monétarisation est possible – éventuellement d'une manière imparfaite – et qui sont donc intégrables dans un « bilan » au sens comptable du terme.

Lorsque les effets pris en compte concernent des bénéficiaires qui ne sont pas – ou pas exclusivement – les utilisateurs ou exploitants directs des systèmes, on parle d'évaluation socio-économique.

En France, la technique utilisée classiquement dans les bilans coûts-avantages est celle de l'actualisation ; on utilise des valeurs « actualisées » qui ont un poids d'autant plus faible que l'année est éloignée. Cette technique traduit la préférence de la Collectivité pour le présent et permet d'élaborer différents indicateurs de rentabilité économique.

Évaluation *a priori* ou *a posteriori*

De même que pour l'évaluation technique ou l'évaluation de l'acceptabilité, l'évaluation économique peut être réalisée *a priori* ou *a posteriori*.

- Réalisée *a priori*, l'évaluation économique consiste à estimer les avantages potentiels d'un projet avant la mise en œuvre de ce dernier et à les comparer aux coûts prévisionnels. Elle a pour objectifs l'estimation de critères définissant la rentabilité économique du projet mais permet également de comparer différentes solutions ou variantes sur une base commune. La difficulté d'une telle évaluation est l'estimation *a priori* des avantages par rapport à une situation sans projet (les coûts prévisibles sont généralement mieux appréhendés).
- Réalisée *a posteriori*, l'évaluation économique consiste à valoriser les avantages d'un projet mis en œuvre pendant un certain temps, à partir d'une situation dite « de référence » (Cf chapitre 2), et à les comparer avec les coûts observés sur la même période ; l'objectif est d'estimer le retour sur investissement. L'évaluation *a posteriori* s'inscrit dans une logique de suivi (création de tableaux de bord, mise en place d'observatoire, etc.) fondamentale pour tout projet d'investissement.

Dans le cas de l'estimation *a posteriori*, la définition de la situation de référence, doit intégrer tous les indicateurs qui seront nécessaires à l'évaluation : lorsque le système d'exploitation sera en service, on ne pourra pas l'arrêter pour collecter d'éventuelles données manquantes correspondant à la situation de référence. Il sera alors nécessaire d'effectuer un travail important de reconstitution de la situation de référence.

Lors de l'évaluation de Coraly, l'impact du système sur le comportement des usagers a été analysé de manière statistique ce qui a permis ensuite d'en déduire les conditions de circulation si Coraly n'avait pas été mis en service. Cette reconstitution a constitué la majeure partie du travail d'évaluation socio-économique.

Niveau de l'évaluation

L'évaluation économique d'un projet global ou d'un système d'exploitation nécessite une double approche ; l'estimation des avantages doit être effectuée séparément pour chaque opération d'exploitation permise par le projet alors que l'estimation des coûts sera nettement plus facile de manière globale : en effet, chaque opération d'exploitation a des impacts bien distincts alors que certains équipements peuvent participer à la mise en œuvre de plusieurs actions ou opérations²².

Pour éviter des doubles comptes sur le plan des coûts, il est donc nécessaire d'estimer ces derniers au niveau global. Après avoir recensé les différentes actions d'exploitation permises par le système et estimé les avantages en découlant, il faudra agréger ces avantages au niveau annuel pour les différentes opérations ; pour cela, il sera nécessaire de disposer d'un plan annuel d'exploitation présentant la fréquence de mise en œuvre de chaque opération²³ ou de chaque Plan de Gestion de Trafic lorsque plusieurs opérations d'exploitation sont à mener simultanément.

Préalables à l'évaluation

L'évaluation d'un système et par conséquent son évaluation socio-économique seront d'autant plus faciles à réaliser qu'elles ont été prévues dès la conception : il est indispensable d'inclure dans le système des modules qui permettront de collecter et de stocker les indicateurs nécessaires à l'évaluation future. D'autre part, ces procédures de collecte et stockage devront être activées avant la mise en service du projet de manière à faciliter l'élaboration d'une situation de référence.

De plus, les critères retenus pour l'évaluation doivent être choisis en cohérence avec les objectifs stratégiques fixés à l'action d'exploitation évaluée.

Dans la suite du chapitre, on traitera successivement des coûts, des avantages puis des bilans et des différents indicateurs de rentabilité socio-économique.

6.2 Coûts relatifs aux projets globaux ou systèmes d'exploitation

Les dépenses d'investissement à prendre en compte dans l'évaluation économique correspondent aux matériels ou travaux exclusivement dédiés à l'action d'exploitation concernée : les matériels ou travaux qui participent à cette action (ou ensemble d'actions) mais sont acquis ou réalisés à d'autres fins en sont exclus. Seuls seront comptabilisés les éventuels surcoûts nécessaires à une utilisation spécifique de ces matériels ou aménagements.

²² Par exemple il est bien difficile de ventiler le coût d'un PMV entre les différentes opérations qui sont rendues possibles par sa présence.

²³ Lorsque les impacts d'une opération d'exploitation dépendent du niveau de trafic et des conditions de circulation, il sera nécessaire de diviser l'année en périodes homogènes et d'estimer pour chaque période type les impacts de l'opération.

Si certains équipements (dispositifs de comptage mobiles par exemple) sont susceptibles de n'être affectés que temporairement à l'opération évaluée, on en comptabilisera le coût au prorata de la durée de vie probable.

6.2.1 Dépenses d'investissements

Les dépenses à prendre en compte varient naturellement selon le type d'action à mettre en œuvre. Le tableau suivant présente un éventail non exhaustif des différents coûts qu'il est possible de rencontrer :

Frais d'études et de mise en place	- Dépenses de personnel de l'exploitant - Dépenses rémunérant l'assistance technique fournie par des tiers
Adaptation de la voirie existante	- Dépenses d'infrastructure proprement dites - Adaptation des équipements inertes (signalisation horizontale et verticale en particulier) - Mise en place d'une signalisation de jalonnement fixe dans le cadre de l'opération
Mise en place des installations (y compris toutes dépenses d'installation)	- Implantation de tous dispositifs de signalisation, d'alerte ou d'information - Implantation de stations permanentes ou mobiles de recueil de données de trafic - Construction ou aménagement de locaux spécifiques - Achat de matériel informatique et de télécommunications - Acquisition de véhicules

6.2.2 Valorisation des investissements et du fonctionnement des systèmes

Le coût économique d'un investissement est par définition l'ensemble des dépenses, actualisées à l'année précédant la mise en service, que cette opération occasionne à la collectivité sous forme d'études, d'acquisition de terrain, de travaux et de remises en état périodique.

Il est nécessaire de faire intervenir dans cette actualisation l'échéancier de réalisation des investissements, la durée de vie moyenne et le coefficient de renouvellement ; ce dernier correspond au pourcentage des dépenses initiales qu'il faut consentir pour remettre en état les investissements à l'issue de la durée de vie. On y intégrera également les coûts relatifs aux dépenses de grosses réparations, qui seront de même actualisées à l'année précédant la mise en service, et les dépenses de remplacement.

Le coût C peut s'exprimer comme la somme $D + R$:

$$C = D + R$$

$$D = \sum_{t=1}^n D_t (1+i)^{n-t} \quad D : \text{coût de construction actualisé}$$

$$R = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{R_t}{(1+i)^t} \quad R : \text{dépenses de grosses réparations actualisées}^{24}$$

D_t : dépenses de construction prévues à l'année t

i : taux d'actualisation du Commissariat Général du Plan (8%)

n : nombre d'années d'études, d'acquisitions foncières et de travaux.

R_t : dépenses de grosses réparations à l'année t .

Exemple d'approche des coûts : le système MARIUS²⁵

Investissements	Quantité	PU - TTC (kF 1998)	Total TTC (kF 1998)
Servitude d'un site simple	60	100	6 000
PMV de VRU	10	700	7 000
PMV de RN	3	300	900
Pictogramme	100	200	20 000
SOL2	150	30	4 500
Boucles de VRU	500	4	2 000
Couple PAU de VRU	126	50	6 300
Caméra fixe	5	20	100
Caméra mobile	65	60	3 900
Équipement réseau site simple	60	20	1 200
Longueur tranchées nouvelles	60 000	0.350	21 000
Longueur en cuivre	60 000	0.080	4 800
Longueur en fibre optique	60 000	0.080	4 800
M3 de petit génie civil	300	1	300
Matériel du PC	1	2 000	2 000
Logiciels	1	5 000	5 000
Locaux	1	2 000	2 000
Frais Etudes (10%)	1	9 180	9 180
Total Investissements			100 980

²⁴ Prévoir aussi les dépenses de remplacement des équipements en fin de durée de vie.

²⁵ Ces coûts sont relatifs à des matériels installés dans les années 1980 (d'où leur expression en kF). Ce ne sont pas des coûts de réalisation actuels, il faudrait au moins les multiplier par deux si on devait construire Marius en 2004.

6.2.3 Dépenses de fonctionnement

Ces dépenses correspondent :

- au personnel d'exploitation ;
- au personnel de maintenance ;
- à la consommation d'énergie, aux coûts de télécommunications ;
- aux dépenses d'entretien et de maintenance des différents matériels autres que de dépenses de personnel ;
- aux autres dépenses : publicité, campagne radio ou télé...

On s'assurera que les coûts estimés sont bien liés uniquement au projet étudié : si une partie des coûts est imputable à une situation sans projet (par exemple, des dépenses de fonctionnement nécessaires même si le projet n'est pas réalisé), il est nécessaire d'en tenir compte.

Exemple d'approche des coûts : le système MARIUS

Les principaux coûts de fonctionnement correspondent à la maintenance annuelle (5000 kF) et aux coûts relatifs aux agents d'exploitation (8 personnes).

6.3 Avantages relatifs aux opérations d'exploitation

6.3.1 Estimation des avantages

6.3.1.1 Méthode

Les différents types d'avantages correspondent à la variation des indicateurs entre la situation projet (avec opération d'exploitation) et la situation de référence (sans, ou avant, la mise en place des actions d'exploitation).

La méthode générale peut être schématisée comme suit :

- 1) Choix des impacts à valoriser
- 2) Estimation des impacts
- 3) Valorisation des impacts

6.3.1.1.1 Choix des avantages à valoriser

Le choix des avantages à valoriser dépend en premier lieu des objectifs du projet : il est donc nécessaire dans un premier temps de revenir à ces objectifs et de lister les impacts que l'on est en mesure

d'attendre. On se reportera aux chapitres précédents et en particulier au chapitre 3 sur l'évaluation des impacts.

Il est généralement exclu de pouvoir valoriser la totalité des impacts faute de données ou de méthodologies disponibles.

On établira donc la liste préalable des impacts sur lesquels on estime pouvoir réaliser une estimation fiable et on justifiera la non-prise en compte des impacts non retenus.

Parmi les impacts les plus couramment valorisés, citons :

- les gains en matière de sécurité liés intrinsèquement au système d'exploitation (limitation des sur-accidents, amélioration de la rapidité d'intervention...) ou plus généralement liés au type d'infrastructure et au niveau de trafic,
- les gains de temps passé en circulation et en congestion,
- les gains de carburants et plus généralement la variation des coûts d'exploitation des véhicules,
- les gains en matière de pollution (réduction de l'émission de polluants).

Cette liste n'est pas limitative ; les caractéristiques du projet peuvent conduire à envisager d'autres impacts (la réduction du bruit par exemple).

En l'état actuel des connaissances, il est très difficile voire impossible d'évaluer économiquement certains systèmes d'exploitation : il s'agit par exemple :

- de systèmes visant à informer les usagers lorsque cette information n'a pas de conséquences directement observables sur le trafic ou les conditions de circulation : le confort de conduite que permet l'information aux usagers n'est pas aujourd'hui valorisable.
- de systèmes visant à réduire la variabilité des temps de parcours sans modifier le temps moyen de déplacement. L'évaluation économique d'un tel système nécessite la prise en compte des temps de parcours totaux y compris temps de précaution qu'il est impossible d'aborder uniquement par le biais des données de trafic.
- de systèmes très spécifiques comme RECITA (Régulation de la circulation en Tarentaise) dont l'objectif principal est de déplacer la congestion de zones à risque (chutes de pierres...) vers des zones sans risque, avec comme objectif additionnel, l'amélioration des conditions d'accès aux stations de ski. Les gains en matière de sécurité liés au système doivent faire intervenir des éléments probabilistes (probabilité de chutes de pierres dans les zones à risque, niveau d'importance de la chute et dégâts en résultant) qu'il est très difficile voire impossible d'estimer. Par contre, les gains en matière de temps perdu dans les encombrements peuvent être estimés plus facilement.

Dans le cas de RECITA, il est toujours possible de comparer économiquement différents scénarios de régulation sous la contrainte « Pas de congestion en zone à risque » ; cette comparaison portera par exemple sur la valorisation de la congestion observée dans les différents scénarios, mais l'évaluation économique de l'objectif principal du projet qui est d'améliorer la sécurité reste impossible à réaliser.

6.3.1.1.2 Estimation des impacts

Cas d'une évaluation *a priori*

L'estimation des impacts devra se faire sur la base d'une modélisation ou par référence à l'état de l'art.

Le cas échéant, le modèle utilisé devra permettre de reproduire l'évolution des conditions de circulation et devra être capable de produire les indicateurs nécessaires à l'évaluation des impacts dont la liste aura été dressée au préalable. Il s'agira dans la majeure partie des cas d'un modèle de simulation dynamique. On se référera à l'ouvrage publié en 2000 par le CERTU et le LICIT « Simulation dynamique du trafic routier » pour choisir le modèle le plus adapté. La simulation dynamique est généralement une méthode très lourde à mettre en œuvre. Une revue préalable de l'état de l'art peut permettre d'alléger le travail d'estimation des impacts en reprenant une méthodologie ou des résultats déjà validés (par exemple, la méthodologie d'obéissance à un message).

L'état de l'art est essentiellement disponible :

- dans les diverses publications des services techniques du Ministère de l'Équipement (CERTU, SETRA) ou de l'INRETS,
- par consultation des spécialistes du réseau scientifique de l'équipement (CERTU, SETRA, CETE en particulier),
- par consultation des exploitants disposant d'une solide expérience (SIRIUS, MARIUS, CORALY, etc),
- dans les éléments bibliographiques du présent document, en particulier les références 6, 7, 9, 14, 15, 19 et 21.

Cas d'une évaluation *a posteriori*

La base de l'estimation sera constituée par les indicateurs mesurés lors de l'évaluation des impacts (Cf. chapitre 3).

En fonction des impacts à valoriser, les indicateurs peuvent être directs ou indirects :

- Ils sont « directs » s'ils constituent une mesure de l'impact à valoriser,
- Ils sont « indirects » s'ils constituent une mesure à utiliser dans une modélisation de l'impact (par exemple : il n'est pas courant de mesurer directement les consommations de carburant ; la mesure de la vitesse (et éventuellement d'autres paramètres cinétiques) est généralement l'indicateur indirect utilisé à cet effet par introduction dans un modèle).

Dans les deux cas, il conviendra de procéder à une extrapolation dans le temps (et éventuellement dans l'espace) des indicateurs résultant de mesures in situ, car ces mesures sont datées et localisées.

Exemple : supposons que l'on ait mesuré, pendant un certain nombre de périodes représentatives, la réduction du temps perdu dans les bouchons obtenue grâce à une action d'exploitation. Il convient d'extrapoler ce résultat à l'année en estimant le nombre de situations identiques que l'on va rencontrer annuellement.

6.3.1.1.3 Valorisation des impacts

C'est la dernière étape qui repose sur la transformation en unité monétaire des différents indicateurs. Elle est fondée sur l'utilisation de valeurs unitaires qui ont fait l'objet de nombreuses publications (Circulaire relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne, rapport Boiteux II,...).

- Gains en matière de sécurité

Indicateur	Valeurs unitaires (€ 2000)
Impacts intrinsèques liés au système d'exploitation	
Variation du nombre de tués	1 000 000 €
Variation du nombre de blessés graves	150 000 €
Variation du nombre de blessés légers	22 000 €
Variation du nombre d'accidents : dégâts matériels	3 400 €
Impacts liés à l'infrastructure	
Variation de trafic : véhicule x km	Cf. annexe (§6.6)

Ces valeurs unitaires sont à faire évoluer au même rythme que celui de la consommation des ménages par tête.

- Gains en matière de temps de parcours et de congestion

Indicateur	Valeurs unitaires (€ 2000)
Voyageurs : Véhicules légers	
Variation du temps de parcours : véhicule x heure	Valeur du temps par voyageur x taux d'occupation
Marchandises	
Variation du temps de parcours : véhicule x heure	Valeur du temps à la tonne (= 0,45 €/t/h) x chargement moyen
Variation du temps de parcours : véhicule x heure	Réduction de coût pour l'exploitant = 31,4 € par véh.heure

Voyageurs

La valeur du temps des voyageurs est couramment définie comme dépendant du motif du déplacement pour les transports urbains et de la distance totale parcourue pour les déplacements interurbains. Le taux d'occupation des véhicules est fonction des trafics observés ; à défaut, on pourra retenir comme valeur moyenne 1,85 (avec des valeurs plus faibles en urbain -1,3- ou plus élevées dans le cas de déplacements vacances -2,2-). On trouvera en annexe deux tableaux de valeurs du temps. Ces valeurs

unitaires sont à faire évoluer en fonction de la consommation des ménages par tête avec une élasticité de 0,7.

Marchandises

Pour les marchandises, la valeur du temps à la tonne est à faire évoluer à raison des 2/3 de l'évolution du PIB. A défaut, on pourra retenir comme chargement moyen la valeur de 13 tonnes par PL. Le terme de réduction de coût pour l'exploitant restera stable en euros constants.

Prise en compte de la congestion

La distinction des temps passés en congestion et hors congestion permet de valoriser plus fortement les temps passés en congestion. Des travaux effectués aux États-Unis conduisent à retenir un surcoût pour les heures passées en congestion variant entre 15 % et 50 % selon les catégories d'usagers et le niveau de la congestion. A titre d'information, pour les transports collectifs, le surcoût de congestion est de 50 %.

On peut citer par exemple le surcoût de 20 % pour les heures passées en congestion utilisé pour l'évaluation socio-économique du système CORALY : il s'agissait principalement dans ce cas d'usagers en vacances transitant par la région lyonnaise.

- Gains relatifs au carburant et plus généralement aux coûts d'exploitation des véhicules

Indicateur	Valeurs unitaires (€ 2000)
Consommation de carburant	
Variation de trafic : véhicule x km et Variation de temps de parcours : véhicule x heure	Prix du litre d'essence ou de diesel
Entretien courant	
Variation de trafic : véhicule x km	0,071 € pour les VL (dont 0,012 € TVA) 0,140 € pour les PL
Dépréciation du véhicule	
Variation de trafic : véhicule x km	0,023 € pour les VL (dont 0,003 € TVA)

La consommation de carburant est calculée par le modèle de simulation dynamique dans la majorité des cas ; dans le cas contraire, l'INRETS dispose d'un modèle permettant de calculer les consommations de carburants (modèle SIMULCO) selon la vitesse et le type de véhicule.

- Gains en matière de pollution

Indicateur	Valeurs unitaires
Émission de polluants	
Carbone	100 € / tonne sur 2000 – 2010 +3 % par an au-delà

Les gains en matière de pollution sont directement issus des calculs de consommation de carburant. Le modèle SIMULCO permet en effet d'estimer les débits massiques de polluants simultanément à l'estimation des consommations de carburant.

6.3.2 Évolution des avantages au fil du temps

Pour estimer les avantages des autres années, il sera nécessaire de projeter les trafics à différents horizons d'études. Le travail d'estimation des avantages réalisés pour l'année de référence devra être reproduit aux différents horizons, les avantages des années intermédiaires pouvant être interpolés. La projection des flux aux différents horizons pourra s'appuyer sur une véritable étude de trafic reposant par exemple sur l'analyse passée des évolutions des flux ou utiliser les taux de croissance préconisés dans la circulaire de la Direction des Routes sur les investissements routiers.

6.4 Bilan socio-économique des opérations d'exploitation

Une fois les différents types de coûts estimés et les avantages calculés sur la durée sur laquelle on veut réaliser l'analyse, le bilan s'établit de manière classique comme dans le cas des investissements routiers. On notera une légère différence avec la prise en compte des investissements récupérables pour lesquels on prend en compte l'amortissement économique.

6.4.1 Avantages nets

Ils se calculent en retranchant des avantages bruts calculés année par année (Cf. § 6.3.2) les dépenses d'exploitation et l'amortissement économique des investissements en matériel récupérable.

Pour les investissements routiers, on peut ne pas prendre en compte dans un premier temps les avantages relatifs à l'environnement et calculer les indicateurs de rentabilité sans cette composante du bilan collectif. On pourra dans un deuxième temps intégrer le facteur environnement et en analyser l'impact sur la rentabilité de l'opération.

6.4.2 Indicateurs de rentabilité

Ils sont analogues aux indicateurs élaborés lors de l'évaluation économique de tout projet d'investissement.

Indicateur	Permet de juger de l'intérêt d'un projet	Permet de comparer plusieurs projets	Permet de prendre en compte les contraintes budgétaires
Bénéfice actualisé	Oui	Oui	Non
Taux de rentabilité interne	Oui	Non	Non
Bénéfice actualisé par unité monétaire investie	Oui	Oui	Oui
Taux de rentabilité immédiate	Oui	Non	Non
Année optimale de mise en service	Oui	Non	Non

Ils sont généralement tous calculés et c'est leur analyse conjointe qui permettra d'évaluer la rentabilité de l'investissement.

6.4.2.1 Bénéfice actualisé

Il mesure la variation d'utilité collective liée au projet étudié. Il est égal à la différence entre la somme actualisée des avantages nets et le coût économique d'investissement.

Cet indicateur permet de comparer et de sélectionner les projets. Le critère du bénéfice actualisé consiste à retenir parmi ceux qui ont un bénéfice actualisé positif, celui dont le bénéfice actualisé est maximal.

$$B_{to} = -C_{ht} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{A_{t_0+t}}{(1+i)^t}$$

B_{to} : bénéfice actualisé à l'année précédant la mise en service t_0

C_{ht} : coût d'investissement, exprimé hors taxes

A_{t_0+t} : avantage net de l'année $t_0 + t$

i : taux d'actualisation (8% en France)

6.4.2.2 Date optimale de mise en service et taux de rentabilité immédiate

C'est la date pour laquelle le bénéfice actualisé est maximal. Il faut donc étudier la chronique des bénéfices actualisés pour la déterminer. Sous certaines hypothèses, on montre qu'à cette date, le rapport de l'avantage net de l'année de mise en service au coût d'investissement hors taxes est égal au taux d'actualisation. On appelle ce rapport taux de rentabilité immédiate.

$$r_t = \frac{A_t}{C_{ht}}$$

r_t : taux de rentabilité immédiate à l'année t .

Toutefois, cet indicateur ne permet pas de classer les projets entre eux car le taux de rentabilité immédiate n'est pas toujours croissant dans le temps.

6.4.2.3 Taux de rentabilité interne

C'est la valeur du taux d'actualisation qui annule le bénéfice actualisé. Si cette valeur est supérieure au taux d'actualisation alors l'opération est intéressante pour la collectivité. Ce critère permet de mesurer le degré d'opportunité ainsi que le risque associé au projet mais ne permet pas de classer des projets indépendants.

6.4.2.4 Bénéfice actualisé par unité monétaire investie

Les capacités de financement des investissements étant limitées, les moyens financiers disponibles ne permettent pas de réaliser toutes les opérations dont le bénéfice actualisé est positif. Il faut donc sélectionner les projets qui apportent le maximum d'avantages dans l'enveloppe de financement donnée.

La contrainte de financement doit être intégrée dans les études. Ceci conduit généralement à décaler dans le temps, voire à supprimer les scénarios d'aménagement qui ne respectent pas la contrainte. Une façon de prendre en compte la contrainte de financement dans le choix des projets consiste à utiliser comme critère le bénéfice actualisé par unité monétaire investie.

Il s'agit du rapport entre le bénéfice actualisé B_{10} et le coût d'investissement hors taxes C_{ht} .

Cet indicateur permet de classer différentes opérations d'un programme et de retenir celles qui procurent le B/C_{ht} le plus élevé jusqu'à épuisement de l'enveloppe.

6.4.2.5 Indicateurs de rentabilité financière

Dans certains cas spécifiques, lorsqu'il y a péage et éventualité de concession du projet d'exploitation, il est nécessaire de développer une évaluation financière à côté de l'évaluation économique. L'évaluation financière a alors pour objet de tester l'équilibre financier d'une éventuelle concession en calculant la VAN (Valeur Actuelle Nette) du projet considéré.

Pour cela le calcul financier rapprochera la somme actualisée des revenus bruts d'exploitation du coût de financement du projet. Lorsque la VAN sera nulle, le projet sera équilibré financièrement ; lorsqu'elle sera négative, elle définira la subvention que les différentes collectivités devront apporter.

6.4.2.6 Prise en compte de l'incertitude

Toute évaluation de projet repose sur des estimations et il est fréquent que les avantages et les coûts gagnent en précision avec le temps. La dépense d'investissement elle-même n'est qu'une estimation réalisée au moment où est conduite l'évaluation. En outre, les valeurs retenues pour les paramètres d'évaluation du projet peuvent également être entachées d'incertitudes, alors que l'utilisation du bénéfice actualisé comme indicateur de choix nécessite d'évaluer les effets sur une longue période, dans un environnement éventuellement contrasté (situation de référence).

Dans ces conditions et afin de tester la robustesse du projet, il est conseillé de tester la sensibilité des indicateurs de rentabilité économique à une variation des divers paramètres essentiels du calcul : débit et temps de parcours. Ceci est d'autant plus important que les modèles de prévisions de trafic préconisés pour les opérations d'exploitations sont très délicats à mettre en œuvre.

Il est également intéressant de tester la sensibilité des indicateurs de rentabilité économique aux différentes valeurs unitaires retenues pour la monétarisation des avantages (par exemple le surcoût associé aux heures passées en congestion).

6.5 Conclusion

Nous n'avons envisagé dans ce chapitre que des effets dont la monétarisation est possible et qui sont donc intégrables dans un « bilan » au sens comptable du terme.

En effet une partie des avantages décrits dans les paragraphes précédents ne sont pas monétarisables, comme par exemple l'amélioration du confort, la stratégie d'information des usagers, ou encore certains gains en matière de sécurité (RECITA, rapidité du temps d'intervention en cas d'accidents,...).

Par ailleurs, d'autres avantages monétarisables ne sont pas évoqués dans ce rapport mais sont retenus pour l'évaluation économique d'infrastructures, comme par exemple l'effet de serre. De plus on

n'évoque pas non plus dans ce rapport l'effet retardateur d'une opération d'exploitation sur un investissement éventuel d'infrastructures.

Enfin le travail d'évaluation économique est aujourd'hui à ses débuts et nécessite encore beaucoup de ressources importantes en termes d'études pour apprécier la rentabilité économique d'un projet.

6.6 Annexe

Valorisation du risque lié à l'infrastructure

Type d'infrastructure	Nombre d'accidents pour 10 ⁸ véh x km	Tués pour 100 Accidents	Blessés graves pour 100 accidents	Blessés légers pour 100 accidents	Coût d'insécurité € / véh x km valeur 2000 ²⁶
< 7 m	19,1	17	58	110	0,054
7 m	16,5	19	61	110	0,051
3 voies 9 m	13,1	21	58	104	0,042
3 voies 10,50 m	12,4	23	62	108	0,043
4 voies 14 m	13,8	18	45	118	0,038
2 x 2 voies	9,6	21	67	102	0,032
7 m express	12	20	60	110	0,038
artère interurbaine	8	18	67	102	0,025
Autoroute ²⁷	7	11	30	120	0,013

Valeur du temps en urbain par voyageur selon le motif en € 2000²⁸

	France entière hors Île de France (€ / heure)	Île de France (€ / heure)
Professionnel	11,1	13,7
Domicile-Travail	10,0	12,2
Autres (loisirs,..)	5,5	6,7
Tous motifs	7,6	9,3

Source : Rapport Boiteux II

²⁶ Ces valeurs unitaires sont à faire évoluer au même rythme que les consommations des ménages.

²⁷ Autoroute urbaine et interurbaine et route express à 2 x 2 voies.

²⁸ A défaut de connaître d'autres motifs par enquête, on pourra prendre comme ordre de grandeur une valeur de 10 €.

Valeur du temps en interurbain par voyageur selon la distance en € 2000

	Valeur du temps par voyageur (€ / heure)
d ≤ 50 km	8,94
50 km < d ≤ 400 km	$0,016 \times d + 8,1$
d > 400 km	14,5

7. Conclusion

Les différentes étapes du processus d'évaluation, telles qu'elles viennent d'être présentées, correspondent à des degrés divers de connaissances et de savoir-faire.

Les **évaluations techniques** sont souvent les mieux appréhendées car elles renvoient à des pratiques familières aux techniciens (recettes de système, suivi des conditions de fonctionnement, tenue d'une main-courante, suivi des opérations de maintenance, etc.).

Les projets européens de recherche et de développement, auxquels ont été associées de nombreuses équipes françaises depuis plus d'une décennie, ont contribué à faire évoluer favorablement la théorie en matière **d'évaluation d'impact**. En France, de nombreux travaux ont été menés sur ce thème au CERTU, au SETRA, à l'INRETS et dans les CETE. Le réseau de l'Équipement dispose d'ailleurs d'une équipe-ressource principalement spécialisée dans les évaluations d'impact.²⁹

Les **évaluations d'acceptabilité** font souvent appel à des spécialistes (ergonomes par exemple) ou demandent un minimum d'expérience en matière de communication avec les utilisateurs. Le corpus théorique existe toutefois, que ce soit en matière d'interfaces homme-machines ou d'enquêtes d'opinion.

En matière d' **évaluations économiques des projets d'exploitation**, l'essentiel de la méthodologie employée aujourd'hui est une transposition de celle utilisée pour juger de la rentabilité des investissements routiers. Des travaux de recherche sont certainement encore nécessaires pour mieux prendre en compte les spécificités des impacts liés à l'exploitation.

Le présent document ne constitue en aucune manière une somme théorique définitive mais plutôt une image de l'état actuel des connaissances. Il a l'ambition d'offrir un panorama assez large et assez général des différentes facettes du problème que constitue l'évaluation. L'essentiel, pour le lecteur, est de bien situer ces différents aspects, d'en saisir la cohérence, et d'avoir un aperçu des méthodes et outils disponibles.

²⁹ Équipe-ressource ZELT du CETE du Sud-Ouest.

Éléments bibliographiques

Le lecteur notera que les ouvrages suivants comportent, en général, des bibliographies très complètes :

1. BOUILLY Christophe, Évaluation socio-économique du système CORALY, LET, juillet 1994.
2. FOURNIER Patrick, Les Enjeux Économiques de l'Exploitation Routière, LET, 1995.
3. CERTU, Guide Méthodologique, Exploitation des réseaux principaux des voiries secondaires, décembre 1996.
4. ZERGUINI Seghir, Contribution à l'analyse économique de l'exploitation de la route, Thèse pour l'obtention du Doctorat en Urbanisme et Aménagement, Option Économie des Transports, Université Paris XII- SETRA, mai 1998.
5. Circulaire DR n° 98-99 du 20 octobre 1998 et instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne- (BO-fascicule spécial n° 98-7 d'octobre 1998).
6. CERTU, Exploitation des autoroutes de Marseille, 1998.
7. CERTU, Évaluation des projets de télématique routière, 1999.
8. KUNKEL Frédéric, OLIVERO Patrick, Note d'information - Évaluation des actions d'exploitation -, juillet 1999, CERTU.
9. CERTU, Simulation dynamique du trafic routier, 2000.
10. COHEN Simon, Exploitation et télématique routière, éléments d'évaluation socio-économique, rapport INRETS n° 232, décembre 2000.
11. CERTU / ZELT, Calcul de la taille des échantillons statistiques, note technique, avril 2001.
12. Rapports du Sénat - *Commissariat général du Plan*, Transports : choix des investissements et coût des nuisances, *rapport du groupe présidé par Marcel BOITEUX*, 2001 - <http://senat.fr/>
13. Rapports de la Cour des Comptes - Rapport public annuel 2001 relatif à la politique d'exploitation de la route - <http://www.ccomptes.fr/>
14. SETRA, Évaluation des opérations d'exploitation de la route, éléments de méthode, édition 2002.
15. CERTU, Modélisation des déplacements urbains de voyageurs, 2003.
16. DDE du Bas-Rhin / ZELT, Évaluation de l'état zéro du réseau Gutenberg, 2003.
17. DDE du Bas-Rhin / ZELT, Évaluation *a priori* des impacts de Gutenberg, 2003.
18. DDE de la Gironde / ZELT, Régulation d'accès en goutte à goutte, échangeurs 12 et 13 de la rocade de Bordeaux, rapport d'évaluation, avril 2003.
19. CAUBET Claude, COHEN Simon, NOUVIER Jacques, Évaluation des actions d'exploitation sur les VRU, état de l'art, octobre 2003.
20. NOUVIER Jacques, L'évolution du trafic sur les VRU, Éléments de réflexion, 2004.

- 21.** OLIVERO Patrick, ZELT, Contribution à la réflexion sur les indicateurs caractéristiques de la congestion, mars 2004.
- 22.** INSTRUCTION CADRE relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, Ministère de l'Équipement, 25 mars 2004.
- 23.** OLIVERO Patrick, ZELT, Évaluation des projets d'exploitation - Enquêtes auprès des usagers - Note méthodologique, mai 2004.
- 24.** CGPC, Évaluation socio-économique des systèmes d'exploitation de la route en milieu urbain, rapport du groupe de travail, Jean-Noël CHAPULUT, août 2004.
- 25.** DSCR, Stratégies d'exploitation des réseaux routiers, note technique, (rédaction commune CERTU, SETRA, ZELT, à paraître).

Glossaire³⁰

Acceptabilité	Capacité d'un système à faire l'objet d'un consensus auprès des utilisateurs, tant du point de vue de ses modalités d'utilisation que de celle de son utilité.
Application	Dans ce rapport, désigne, d'une manière générale et par abus de langage, tout système, logiciel ou organisation qui fait l'objet de travaux au sein du projet.
Congestion *	État d'un fuseau d'itinéraires, d'un itinéraire ou d'un tronçon d'itinéraire dû à un dysfonctionnement de la circulation ou à une saturation et entraînant une immobilisation des véhicules. <i>En théorie du trafic, la congestion désigne un régime de circulation où la concentration est supérieure à la concentration critique.</i>
Crise *	Situation anormale provoquée par un événement entraînant d'importantes perturbations. Elle nécessite une concertation des services, des prises de décision en commun et des mesures d'exploitation définies dans les plans de gestion du trafic. <i>Une situation exceptionnelle doit déclencher un changement de mode de fonctionnement de l'organisation et ne pas être la justification d'objectifs non atteints.</i> <i>La situation de crise peut être admise lorsque l'un ou plusieurs des critères suivants ont atteint un niveau de gravité important :</i> - conséquences sur les infrastructures, - incertitudes sur l'évolution des conséquences, - enjeux financiers, - difficultés à remédier à la situation, - pression forte des médias, etc... <i>Elle provoque l'activation de la Salle opérationnelle.</i>
Demande de trafic *	Débit de véhicules qui, pendant une période donnée, désire passer en un point du réseau. La demande est satisfaite si elle est inférieure à l'offre, non satisfaite dans le cas contraire (ou satisfaite dans des conditions dégradées : délestage, bouchon,...).

³⁰ Les termes suivis d'un astérisque sont extraits du glossaire « 503 mots de l'exploitation de la route », SETRA, décembre 1996.

Équipement dynamique *	Équipement de la route intégré au sein d'un système et dont les messages ou les fonctions sont variables. <i>Exemples : panneau à messages variables, poste d'appel d'urgence, caméra, station de recueil de données,...</i>
Ergonomie *	Discipline dont l'objet est l'aménagement des conditions (psycho-physiologiques et socio-économiques) de travail et des relations entre l'homme et la machine. <i>Elle consiste à adapter le travail (et son environnement) à l'homme, et non l'inverse !</i>
Évaluation des impacts	Ensemble des études, tests et expériences permettant d'apprécier les conséquences (impacts) de la mise en œuvre d'un système sur les conditions de déplacement.
Évaluation socio-économique	Ensemble des études permettant d'apprécier les coûts et avantages d'un système pour les différents agents économiques et sociaux concernés.
Évaluation technique	Ensemble des études, tests et expériences permettant d'apprécier les performances techniques d'un système, indépendamment de ses impacts sur les conditions de déplacement.
Exploitant (de réseaux)*	1) Personne morale responsable d'une infrastructure de transport. Il peut percevoir dans certains cas une redevance (ou péage) de la part des usagers utilisant l'infrastructure (autoroute, pont, tunnel). 2) Personne physique responsable de l'« exploitation » d'une infrastructure de transport.
Exploitation de la route*	Ensemble des actions destinées à assurer le bon fonctionnement d'une route ou un niveau de service donné, du point de vue de l'écoulement du trafic. <i>L'exploitation de la route doit être identifiée comme une activité particulière, distincte de l'entretien routier, et se fonder sur un langage, des objectifs, une organisation, des méthodes et des équipements spécifiques.</i> <i>Elle comprend trois domaines:</i> - le maintien de la viabilité, - la gestion du trafic, - l'aide au déplacement. <i>Elle doit être prise en compte dès la conception des aménagements d'infrastructure.</i>

Gestion du trafic (ou de la circulation) *	Domaine de l'exploitation de la route qui regroupe l'ensemble des dispositions visant, dans le cadre d'objectifs prédéfinis, à répartir et contrôler les flux de circulation dans le temps et dans l'espace, afin d'éviter l'apparition ou d'atténuer les effets de perturbations aléatoires ou récurrentes. Cette action sur les flux vise à adapter la demande de trafic à l'offre de capacité. La régulation du trafic représente une partie de la gestion du trafic et ne doit pas être confondue avec elle. <i>Les actions peuvent être préventives ou correctives.</i>
Gestion de la demande	Ensemble des techniques permettant d'agir sur la demande de déplacements, et dont la finalité est d'aboutir à une meilleure adéquation à l'offre. La gestion de la demande se traduira par des modifications de son niveau ou des modifications de sa répartition modale, spatiale ou temporelle.
Gestion multimodale (du trafic, des déplacements, de l'information etc.)	Désigne un mode de gestion du trafic, des déplacements, de l'information, etc. dans lequel sont pris en compte des modes différents. Elle est généralement coopérative par essence.
Interface Homme-Machine	Ensemble des dispositifs logiciels et matériels assurant les interactions entre un opérateur et une machine. Abréviation usuelle : IHM.
Mode	Abréviation de « Mode de Transport ». Désigne le moyen par lequel un déplacement est effectué (voiture, transport en commun, etc.).
Moyens	Ensemble des dispositifs matériels, organisationnels et humains qui permettent l'application effective d'une tactique.
OD	Abréviation usuelle pour « Origine-Destination ». L'expression « enquête OD » désigne une enquête permettant de reconstituer la répartition de certains usagers ou de certains véhicules entre des points « origine » et des points « destination ». Par extension, l'expression « une OD » ou « sur une OD donnée » désignent les trajets effectués entre cette origine et cette destination.
Offre *	Quantité de service disponible. La notion d'offre s'oppose à celle de demande. Vis-à-vis de l'écoulement du trafic, l'offre correspond à la capacité. Dans le domaine du stationnement, on parle également d'offre et de capacité.

Opérateur *	1) Personne qui exécute des opérations techniques déterminées, manipule un appareil,... <i>Par exemple l'opérateur du poste de centralisation des appels est un agent habilité à recevoir les appels d'urgence et à y répondre en donnant des conseils et/ou en informant les services d'assistance ou de secours.</i> <i>Synonyme de pupitreur.</i> 2) Exploitant responsable d'une infrastructure ou d'un service lié à la route.
Paramétrage	Ensemble des opérations de calibrage et de réglage d'un système permettant de le rendre opérationnel dans un contexte donné.
PC *	Terme générique utilisé pour désigner une entité remplissant tout ou partie des fonctions d'un Centre d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT) d'une zone faisant l'objet d'un niveau élevé d'exploitation. <i>Nom souvent utilisé pour les réseaux urbains (PC de ville) et certains axes autoroutiers.</i>
PL	Abréviation usuelle de « Véhicule Poids Lourd »
PMV	Abréviation usuelle de « Panneau à Message Variable ».
R&D	Abréviation usuelle de « Recherche et développement ».
Régulation du trafic*	Cette expression désigne, d'une manière très générale, l'ensemble des techniques permettant d'optimiser les conditions de circulation. Jusqu'à une date récente elle concernait exclusivement la gestion par feux des carrefours. Elle est aujourd'hui employée pour désigner tous types d'actions sur le trafic (régulation d'accès, guidage, etc.).
Réseau	Ensemble des voies d'un même type ou géré par le même exploitant (par exemple : réseau VRU, réseau autoroutier, réseau urbain). Par extension, l'expression « réseau TC » ou « réseau bus » désigne non seulement l'infrastructure dédiée à ce type de véhicules, mais aussi l'entité constitutive de l'offre en transports en commun.
Saturation *	Demande supérieure à l'offre (ou à la capacité) et pour lequel on constate la formation de files d'attente ou de bouchons. <i>En théorie du trafic, synonyme de congestion.</i>

Stratégie d'exploitation*	Principes qui sous-tendent un ensemble d'actions ou de mesures d'exploitation dans le but d'atteindre les objectifs généraux contenus dans la politique d'exploitation. <i>Exemples :</i> - favoriser un axe, un mode de transport, - protéger une zone résidentielle des nuisances de l'automobile, - limiter le trafic de transit sur une zone, etc...
Tactique	Méthode de mise en œuvre opérationnelle d'une stratégie.
TC	Abréviation usuelle de « Transports en Commun ».
Télématique *	Ensemble des services de nature ou d'origine informatique pouvant être fournis à travers un réseau de télécommunications. <i>Ce terme est souvent improprement employé pour caractériser « l'informatique de demain » sous toutes ses formes.</i> <i>La télématique routière permet d'intervenir à la fois sur l'organisation de la circulation, la régulation du trafic routier, le stationnement, l'information aux institutionnels, aux médias et aux usagers.</i>
Temps différé *	Locution employée par les gestionnaires de voirie lorsque les données de trafic sont utilisées sans rétroaction immédiate. <i>Le travail en temps différé consiste à analyser a posteriori ce qui s'est passé pendant l'écoulement des flux dans le but de prévoir et d'améliorer la situation future ou de faire des statistiques.</i>
Temps réel *	Locution employée par les gestionnaires de voirie lorsque les données de trafic servent à l'exploitation « immédiate » (entre quelques secondes et quelques heures). <i>Le traitement en « temps réel » des flux de trafic permet de réagir rapidement aux perturbations afin d'en réduire les effets.</i> <i>Le « temps réel » des gestionnaires de la route n'a rien à voir avec le « temps réel » des informaticiens qui, lui, s'exprime plutôt en millièmes de seconde.</i>
Transférabilité	Capacité d'un système à être utilisé dans un contexte de travail et/ou dans un site différents de ceux dans lesquels il a été mis en œuvre initialement. Un système est rarement immédiatement transférable ; on identifie généralement des « contraintes de transférabilité », plus ou moins lourdes. Par extension, on parle aussi de « transférabilité d'un résultat » : on désigne ainsi la probabilité pour que l'ordre de grandeur d'une performance ou d'un impact, mesuré dans certaines conditions, soit conservé dans un autre environnement.

Usager	Dans la terminologie française, ce terme désigne généralement l'utilisateur final (voir cette expression). Prendre garde toutefois aux traductions hâtives de l'anglais « <i>user</i> » qui doit être, de préférence, rendu en français par « utilisateur » (voir ce mot).
Utilisateur (d'un système)	Désigne toute personne physique ou morale qui, à des titres divers, est concernée par un système : autorités, opérateurs, professionnels, usagers, etc. On peut lui préférer le terme « acteur ».
Utilisateur final	Désigne l'usager au sens français du terme, c'est-à-dire, pour un système de transports en commun, la personne qui utilise le système pour effectuer ses déplacements. On utilise également dans ce cas le terme « client ».
Voie de surface	Désigne, par opposition à VRU, les voies du réseau urbain traditionnel (avenues, boulevards, rues diverses, etc).
VP	Abréviation courante pour « Véhicule particulier » (par opposition à véhicule TC). Il est d'usage que ce terme désigne exclusivement les véhicules motorisés à 4 roues.
VRU * (Voie rapide urbaine)	Routes à chaussées séparées, en zone urbanisée, comportant généralement des points d'échanges dénivelés rapprochés, et sur lesquelles les vitesses autorisées peuvent être supérieures aux vitesses traditionnelles pratiquées en agglomération. Le statut de « voie rapide » n'existe plus, mais le concept a été conservé - pour le milieu urbain - par opposition aux voiries traditionnelles, supposées parcourues à vitesse modérée, et dont la fonction de transit s'efface devant les autres fonctions urbaines (desserte, activités riveraines, ...). Il existe deux types de VRU : - VRU (type A) : voie à caractéristiques autoroutières généralement avec statut (Autoroute, Route Express ou Déviation) comportant des points d'échanges dénivelés rapprochés. - VRU (type U) : route urbaine comportant des points d'échanges plan rapprochés (carrefours sans feux, à feux, giratoire). Elles ont généralement un statut (Route Express ou Déviation).

ZELT * (Zone Expérimentale et Laboratoire de Trafic)	Site créé en 1984 par le ministère des Transports avec la collaboration de la Ville de Toulouse pour mener des expérimentations dans le domaine du trafic. <i>Quartier sud-est de Toulouse, s'étendant sur 400 hectares, ce site est équipé en permanence d'un matériel performant de recueil de données. Un poste central dédié peut piloter les feux tricolores contrôlant une vingtaine d'intersections.</i> <i>Les premières expérimentations ont démarré en 1987. Elles concernaient essentiellement le milieu urbain et ont permis de réunir de nombreux organismes publics et privés dans les domaines industriel et de la recherche.</i> <i>La ZELT a participé à de nombreux projets européens.</i> <i>Depuis 1994, elle entame un nouveau cycle, avec de nouveaux équipements, de nouveaux partenaires et une aire géographique s'étendant vers le réseau de voies rapides urbaines de l'agglomération toulousaine.</i> <i>Une équipe permanente gère et suit toutes les activités de cette zone.</i>
--	--

ANNEXE n°1 : Le mémento en 12 étapes

Évaluer l'impact d'un système consiste à apporter une réponse à la question suivante : dans quelle mesure les bénéfices (en terme d'exploitation) procurés par l'introduction du système sur le réseau, répondent-ils aux objectifs qui lui ont été assignés ? Par exemple : quel est le gain en temps de parcours sur VRU procuré par une régulation d'accès ? Quel est l'impact sur la distribution des trafics d'une information par PMV ? etc.

Il est important de dissocier cette question de celle qui relève de l'évaluation technique qui s'attache à quantifier les performances d'un matériel ou système, ou à comparer entre elles les performances de plusieurs matériels ou systèmes.

Il existe en France un cadre général de réflexion sur l'évaluation d'impact, appelé mémento en 12 étapes. Il est important de préciser que ce mémento, s'il fournit la liste des questions à se poser, est insuffisant à lui seul pour fournir l'ensemble des réponses. En d'autres termes, il ne s'agit pas d'une méthode qui fournirait automatiquement un plan d'évaluation, mais d'un cadre permettant au projecteur de se poser les questions essentielles permettant d'élaborer ce plan d'expérience.

Ces 12 étapes (ou questions) sont les suivantes :

- Quel système tester ?
- Quel site de test ?
- Quel type de comparaison ?
- Quels impacts mesurer et quels indicateurs ?
- Quels blocs de contexte considérer ?
- Quels moyens de mesure utiliser ?
- Quelles tailles pour les échantillons ?
- Quelles corrections réaliser ?
- Quels tests statistiques à appliquer aux résultats ?
- Quel planning ?
- Quelles dispositions pratiques ?
- Quels sont les biais possibles ?

Quel système tester ?

OBJET : Définir le système dont on veut évaluer les impacts

COMMENTAIRES

Cette question peut sembler triviale. L'expérimentateur est en effet censé savoir quel système il teste. Plusieurs points importants doivent toutefois être pris en considération dans cette première étape :

- Le système (pour tout ou partie de ses sous-systèmes) peut avoir connu des évolutions au cours de son développement. Si c'est le cas, il est important de préciser sur quelle version on va travailler.

- C'est dans cette étape que l'on doit définir les modalités de mise à disposition du système aux expérimentateurs. Ceux-ci doivent en effet valider un système réputé en bon état de fonctionnement. On devra prévoir une période de vérification préalable, généralement sous la responsabilité de l'exploitant ou de l'industriel, au terme de laquelle il sera formellement notifié aux expérimentateurs que le système est apte à subir l'évaluation. Si l'évaluateur n'est pas en charge de cette phase préalable, il devra avoir trois exigences vis à vis du gestionnaire du réseau :
 - Demander que soit prévue cette phase de vérification technique.
 - Demander que soit prévue une notification formelle de la mise à disposition de l'équipement pour l'évaluation des impacts, valant engagement de la part du gestionnaire du réseau sur le bon fonctionnement de l'équipement au moment de cette notification.
 - Demander que soit effectué un suivi (journal de bord) des incidents ou autres défaillances techniques de l'équipement pendant la phase d'évaluation.
 - C'est pendant cette période de vérification que tous les réglages ou paramétrages jugés utiles seront effectués. L'interprétation des résultats sera en effet difficile si on autorise de tels réglages ou paramétrages au cours de l'expérimentation (sauf, bien entendu, si de telles modifications sont définies préalablement comme scénario de test et sont donc précisément spécifiées).
- Lorsque le système comprend plusieurs sous-systèmes (par exemple un sous-système de détection, de localisation, de traitement de certaines données, etc.), il faut préciser clairement si on teste le système dans son ensemble ou si des scénarios sont prévus pour évaluer séparément certains sous-systèmes.

Quel site de test ?

OBJET : Définir l'extension spatiale de l'expérience.

COMMENTAIRES

Plusieurs considérations entrent en ligne de compte.

- C'est bien évidemment la nature du système testé qui va, en premier lieu, déterminer le type de réseau (roades, voies urbaines, etc.).
- Si l'expérience a avant tout une finalité méthodologique (on teste un prototype, on valide un modèle, etc.) on peut avoir intérêt à choisir une zone de test d'extension limitée, de manière à pouvoir y concentrer un maximum de moyens de mesure et à diminuer le nombre de facteurs de variabilité de la réponse.
- S'il s'agit d'une opération de démonstration, c'est-à-dire d'une opération au cours de laquelle on veut mettre en évidence tel ou tel impact avant implantation définitive du système, on aura intérêt à limiter, non pas l'extension de la zone de test, mais l'extension des éléments du réseau sur lesquels on effectuera la démonstration. Supposons par exemple qu'on veuille démontrer la capacité d'un système à gérer la congestion sur un réseau. Il faudra vraisemblablement que le

système intervienne sur une zone importante ; mais on pourra effectuer les mesures sur un nombre limité de tronçons dont on sait qu'ils sont les plus critiques ou les plus représentatifs.

- S'il s'agit d'une implantation réelle (c'est-à-dire d'un système qui a vocation à être opérationnel après le test) on cherchera certainement au contraire à multiplier les « cas de figure », en donnant au réseau testé et au réseau de mesure une extension maximale.
- Dans tous les cas, la question de la disponibilité des moyens de mesure est une question à examiner en priorité. Mieux vaut, nous semble-t-il, avoir des réponses précises à un nombre de questions limitées que des réponses indécises à un grand nombre de questions.
- Enfin, des précautions élémentaires doivent être prises lors du choix de la zone de test : s'assurer que des travaux importants n'y sont pas programmés pendant l'expérience, que des événements particuliers et perturbateurs n'y sont pas prévus etc. Il s'agit là de questions de bon sens sur lesquelles il est inutile d'insister.

Quel type de comparaison ?

OBJET : Définir quelle est la référence vis-à-vis de laquelle le système va être évalué.

COMMENTAIRES

On peut envisager plusieurs types de comparaison :

1. Comparaison de type « avec et sans »

La comparaison « avec et sans » (par opposition à « avant-après ») suppose que l'équipement existe et que l'un des scénarios consiste à ne pas l'utiliser. Cette comparaison est absolument à proscrire quand l'équipement est un équipement de sécurité. Lorsque cette contrainte de sécurité n'existe pas, et que l'on procède à une comparaison « avec et sans », la définition de la situation de référence doit être aussi précise que possible (la crédibilité de la comparaison en dépend).

2. Comparaison « avant-après »

La comparaison « avant-après » suppose que l'on compare deux situations : l'une avant mise en place de l'équipement, l'autre après. Elle soulève parfois une objection qui est d'affirmer que deux situations « avant » et « après » ne sont jamais comparables. Cette objection doit être examinée de manière précise. En effet : si on examine les facteurs qui peuvent varier entre deux situations relativement éloignées dans le temps, on peut les classer en deux catégories :

- Les facteurs rédhitoires : ce sont les facteurs dont la variation implique que la comparaison ne peut raisonnablement pas être pertinente, quel que soit le choix du contexte expérimental.
- Les facteurs contextuels : ce sont des facteurs maîtrisables par l'expérimentateur car il peut définir son plan d'expérience en conséquence (voir plus loin : blocs de contexte).

Une comparaison « avant-après » ne peut être envisagée que si les deux conditions suivantes sont remplies :

Il n'y a pas de facteurs rédhibitoires

ET

les facteurs contextuels sont pris en compte dans le plan d'expérience

On peut également comparer deux systèmes entre eux (ce qui en fait se ramène au premier type de comparaison cité), ou évaluer les performances par rapport à une norme, une performance de référence ou un objectif.

Quels impacts mesurer et quels indicateurs ?

OBJET : Choisir les impacts à mesurer ; définir quels sont les critères d'efficacité (indicateurs) qui vont permettre de qualifier les performances du système, et quelles sont les variables à mesurer pour bâtir ces indicateurs.

COMMENTAIRES

Le choix des indicateurs est une étape cruciale puisque c'est implicitement dans cette étape que l'on va définir sur quelle base on jugera que le système est ou n'est pas valide (implicitement, car il est généralement difficile de quantifier préalablement un critère de succès).

La difficulté réside dans le fait que l'on doit éviter deux écueils :

1. Choisir des indicateurs qui ne répondent pas, ou imparfaitement, aux objectifs assignés au système. Il faut clairement faire exprimer par les gestionnaires concernés quels sont leurs objectifs. En la matière, on ne peut pas se contenter de décisions informelles. Une phase préalable, au cours de laquelle ces questions sont formellement débattues, est nécessaire. Plus généralement, cette question renvoie à la problématique de la connaissance des besoins des utilisateurs (au sens large : autorités, opérateurs, usagers), qui n'est pas traitée ici.
2. Négliger des impacts, jugés *a priori* marginaux, et qui pourraient à terme remettre en cause l'acceptabilité du système (par exemple : quand on teste un système de régulation de trafic, il est courant d'oublier que ce système peut avoir des conséquences sur le confort des piétons).

Une fois les objectifs et les indicateurs fixés, il reste à déterminer quels sont les variables permettant de construire ces indicateurs. Bien souvent l'indicateur est directement déduit de la mesure et le critère de réponse sera l'événement élémentaire qui servira par agrégation à construire ce critère (exemple : si l'indicateur est la vitesse moyenne sur tel tronçon pendant les heures de pointe des jours de semaine, le critère de réponse sera la vitesse moyenne mesurée pour chacune des périodes d'expérience répondant à ce critère). Le choix des critères de réponse est un problème technique, qui relève de la compétence de l'expérimentateur. Toutefois ce choix est souvent encadré par des contraintes logistiques (budget, disponibilité des moyens de mesure) ou méthodologiques.

| *Quels blocs de contexte considérer ?*

OBJET : Définir les éléments de contexte qui seront considérés comme homogènes, et pour lesquels la réponse du système pourra être agrégée dans un indicateur.

COMMENTAIRES

Le problème qui est traité dans cette étape, est de définir quels sont les critères qui vont permettre de dire que deux mesures peuvent être agrégées dans le même indicateur. Ces critères définissent un bloc de contexte. Par exemple : un bloc de contexte usuel est : « Heure de pointe du soir en jour de semaine, sans précipitations ».

En d'autres termes, on détermine préalablement quels sont les éléments de contexte qui peuvent avoir une influence sur la réponse du système, et on les fige dans des blocs de contexte différents.

Généralement, on envisage au minimum, pour définir les blocs de contexte, les éléments suivants :

- L'heure
- La situation du jour dans la semaine
- La situation du mois dans l'année
- Les conditions météo

Mais cette liste n'est pas exhaustive. On peut avoir besoin de s'intéresser aussi, par exemple, au type de conducteur, à des éléments relatifs à l'exploitation du réseau etc.

On prendra garde au fait que si on multiplie les blocs de contexte, les ressources nécessaires pour réaliser l'expérimentation le sont aussi, puisque chaque bloc de contexte doit bénéficier d'un échantillonnage statistiquement satisfaisant.

| *Quels moyens de mesure utiliser ?*

OBJET : Définir les moyens de mesure à mettre en oeuvre pour mesurer la réponse du système.

COMMENTAIRES

Quand la mesure concerne des données de trafic (débits, TO, vitesse) on se gardera de croire que les moyens existants et nécessaires au fonctionnement du système, sont obligatoirement suffisants pour réaliser l'évaluation. Les objectifs sont différents et correspondent en général à des dispositifs ou des implantations différentes. Il peut donc y avoir des coûts spécifiques à l'évaluation en matière de capteurs, transmissions etc. (mais il va évidemment de soi qu'une utilisation maximale de l'existant est économiquement souhaitable). Pour ce type d'équipements additifs, on notera l'intérêt qu'il peut y avoir à disposer de dispositifs à durée de vie limitée (la durée de l'expérience).

Quand on aura à effectuer des mesures de temps de parcours, on sera attentif à la taille de l'échantillon, qui est bien souvent réduite lorsqu'on utilise des enquêteurs embarqués. On ne négligera pas d'examiner si des mesures de type « minéralogique » sont possibles.

Dans tous les cas, on précisera préalablement à l'expérience qui est responsable de la maintenance des moyens de mesure (l'expérimentateur ou le gestionnaire ?), et on examinera les délais d'intervention souhaitables en cas de défaillance.

Rappelons aussi qu'il faut toujours s'interroger sur un biais possible introduit par l'appareil de mesure lui-même (la présence d'une caméra, ou d'un radar en bordure de chaussée est susceptible de modifier le comportement des usagers, donc de biaiser la mesure).

Enfin, notons que les moyens de mesure ne sont pas toujours constitués par des matériels. Il peut aussi s'agir d'enquêtes ou d'interviews : on entre là dans un domaine de compétences très spécifiques qui ne sera pas développé ici, et qui peut nécessiter la collaboration de spécialistes pour établir les questionnaires, former l'échantillon, animer les entretiens etc.

■ *Quelles tailles pour les échantillons ?*

OBJET : Définir la taille de l'échantillon (nombre de mesures, taille d'un panel etc.)

COMMENTAIRES

La méthode la plus rigoureuse consiste à faire une évaluation préalable, par des moyens statistiques appropriés, de la taille de l'échantillon nécessaire. Cette méthode se heurte à deux difficultés :

- La première est que la taille de l'échantillon est souvent contrainte *a priori* par des impératifs logistiques ou budgétaires. En clair, on connaît bien souvent les moyens maximaux dont on peut disposer (en termes de temps, de budget ou de matériels). L'évaluation préalable de l'échantillon n'est pas une détermination, mais une vérification.
- La seconde est que le calcul de l'échantillon peut se heurter à des difficultés méthodologiques, quand le phénomène étudié n'est pas usuel et que l'on a peu de connaissance sur sa variabilité. Il peut être nécessaire de procéder dans ce cas à des mesures préalables, qui doivent alors être considérées comme faisant partie de l'expérience et disposer des moyens correspondants.

Nous proposons ci-dessous une méthode de détermination de la taille de l'échantillon lorsque la variable à mesurer est continue et que la moyenne de l'échantillon obéit à une loi normale :

L'expérimentateur doit choisir préalablement un niveau de risque accepté α .

α représente la probabilité acceptée que la moyenne réelle de la population ne soit pas comprise dans l'intervalle de confiance calculé à partir de l'échantillon (dans la pratique on choisit souvent $\alpha = 5\%$, ce qui signifie qu'en moyenne on se trompe une fois sur 20).

On admettra dans tout ce qui suit que le risque est bilatéral, c'est-à-dire que la probabilité de se tromper par excès est égale à celle de se tromper par défaut, toutes deux égales à : $\alpha / 2$.

Nous appelons dans ce qui suit *incertitude relative*, la valeur :

$$I = (u_{(1-\alpha/2)} s / \sqrt{n}) / \mu$$

I, exprimée en pourcentage, a une interprétation immédiate : c'est la demi-amplitude de l'intervalle de confiance rapportée à la moyenne. Par exemple : le fait de choisir $I = 10\%$ signifie que l'on souhaite un intervalle de confiance dont l'amplitude soit : $\mu \pm 10\%\mu$

Dans cette expression, $u_{(1-\alpha/2)}$ est la valeur de la variable centrée réduite correspondant à la densité de probabilité $(1-\alpha/2)$. Cette valeur est disponible dans les tables et tableurs usuels.

L'expérimentateur doit choisir la valeur I de l'incertitude relative souhaitée.

Posons $c = s/\mu$ = coefficient de variation ; il vient :

$$n = \left(\frac{cu_{(1-\alpha/2)}}{I} \right)^2$$

n représente la taille minimale de l'échantillon permettant de disposer d'une précision P, avec un niveau de risque α .

Si on examine cette expression, on voit qu'elle comporte un terme u connu si α est connu, un terme I choisi par l'expérimentateur **et un rapport $c = s/\mu$ inconnu**.

On touche là à la difficulté **incontournable** qui réside dans le fait que le calcul nécessite la connaissance de données qui ne peuvent pas être rigoureusement connues avant l'expérience.

La prédétermination de la taille de l'échantillon nécessite impérativement une hypothèse sur l'ordre de grandeur du rapport $c = s/\mu$ (coefficient de variation).

Pour déterminer cet ordre de grandeur, les outils disponibles sont en nombre limité. Nous en évoquons 3 :

1. L'ordre de grandeur est connu par l'état de l'art ou par des expériences antérieures : on utilisera le rapport c déduit de ces données disponibles.
2. On effectue un test préalable de calibrage en relevant une trentaine de temps de parcours et on utilise comme valeur approchée de calcul la valeur c mesurée sur cet échantillon de calibrage.
3. La situation la plus favorable est celle où le recueil de données est automatique et ne nécessite pas la mise en œuvre de moyens coûteux. On peut alors se permettre de débiter l'expérience « au fil de l'eau » et d'effectuer un suivi de l'évolution du coefficient c au fur et à mesure de la croissance de l'échantillon. Lorsque c est à peu près stabilisé, on utilise cette valeur pour dimensionner l'échantillon, c'est-à-dire fixer le terme de l'expérience.

Quelles corrections réaliser ?

OBJET : Définir les traitements éventuels qu'il faut faire subir à la réponse du système (variables mesurées) avant de pouvoir les agréger dans un indicateur.

COMMENTAIRES

Dans cette étape on définit quels sont les traitements ou corrections éventuelles qu'il faut faire subir aux données recueillies. Quelques exemples permettront de comprendre la nature de ces opérations :

- Supposons que l'on s'intéresse à des temps de parcours, et que l'on enregistre, par un moyen quelconque, des instants de passage du même véhicule en deux points différents. C'est dans

cette étape que l'on définira par quelle méthode, ou quelle procédure, on apparie les dates de passage pour en déduire des temps de trajet. C'est également à cette occasion que l'on définira les filtres éventuels (quels sont les critères qui permettront d'éliminer des mesures jugées aberrantes ?).

- Dans le même type d'expérience, on examinera également l'effet de la demande (trafic) sur les temps de parcours. En effet, il importe de déterminer après comparaison de deux scénarios, quelle est la part du résultat qui revient à l'action du système testé, et quelle est celle qui résulte du fait que le trafic a augmenté ou diminué (ces variations ont en effet aussi un impact sur le temps de parcours). Un tel traitement peut se révéler complexe, par exemple si le système testé a lui-même une influence sur la demande. On sera parfois amené à mettre en oeuvre des méthodes statistiques non-usuelles pour éliminer de tels effets de la demande. Dans d'autre cas, on pourra se contenter de régressions linéaires plus classiques.

Supposons qu'une expérience utilise un panel de conducteurs supposé homogène. Si les résultats mettent en évidence des différences notables de comportement pour certains d'entre eux, un traitement pourra consister à corriger certains résultats après étude statistique des écarts. Il va de soi que de telles corrections doivent être dûment justifiées.

Quels tests statistiques appliquer aux résultats ?

OBJET : Valider la signification statistique des résultats.

COMMENTAIRES

Cette étape importante est citée pour mémoire car elle n'intervient pas à proprement parler dans la préparation du plan d'évaluation, mais dans l'analyse des résultats.

Toutefois, il sera prudent que l'expérimentateur s'assure préalablement qu'il aura les moyens de réaliser les tests statistiques adéquats, sachant que certains d'entre eux peuvent nécessiter des compétences solides en statistique.

Très souvent on effectue des tests d'hypothèses sur l'égalité des moyennes pour juger de la robustesse statistique des variations des indicateurs :

- un test de première espèce, sous risque accepté $\alpha = 5\%$, c'est-à-dire un jugement sur la possibilité de rejeter comme fausse l'hypothèse testée alors qu'elle est vraie, avec un risque d'erreur de 5% ;
- un test de deuxième espèce : calcul du risque β , probabilité d'accepter comme vraie l'égalité des moyennes alors que les moyennes ne sont pas égales.

Quel planning ?

OBJET : Préciser le planning précis de l'expérience.

COMMENTAIRES

Cette étape appelle peu de commentaires particuliers. En effet, le planning de l'expérience résulte :

- D'une part de la définition des blocs de contexte.

- D'autre part des contraintes logistiques.

Dans la mesure du possible, il est prudent de prévoir une période de « rattrapage » au cours de laquelle pourraient être effectuées des mesures complémentaires en cas d'incidents importants ou d'événements imprévus.

Dans le choix des périodes de mesure, on tiendra compte de diverses considérations pratiques qui relèvent du bon sens :

- Des enquêteurs ne peuvent pas travailler sans interruption pendant une longue durée.
- Les piles et batteries des appareils de mesure n'ont pas une durée de vie infinie.
- Il est difficile de faire des relevés visuels au crépuscule (a fortiori la nuit).
- L'équipe chargée de la maintenance des équipements n'est pas forcément disponible à toute heure.
- etc.

Quelles dispositions pratiques ?

OBJET : Définir préalablement l'ensemble des dispositions pratiques à mettre en œuvre.

COMMENTAIRES

- **Problèmes administratifs**

Il faut bien évidemment que l'autorité administrative responsable du réseau autorise la conduite du test, et soit informé des possibilités techniques dont elles disposent pour l'interrompre si elle juge que la situation le commande.

Les forces de police doivent être informées pour deux raisons :

- D'une part car il leur sera peut-être possible de renforcer la surveillance du site, et de limiter ainsi le nombre d'incidents imprévisibles perturbateurs.
- D'autre part car l'expérience a montré que la présence sur le terrain de nombreux enquêteurs, occupés à des tâches dont la nature n'est pas facilement identifiable, peut poser quelques problèmes.

Se rappeler en outre que certaines opérations peuvent demander un avis de la CNIL, et que toute intervention sur la chaussée nécessite la présence d'autorités compétentes.

- **Questions liées à la sécurité**

Il est évidemment hors de question que l'expérience puisse faire courir un risque quelconque aux usagers. Outre le fait que le système lui-même doit être garanti sur ce plan, il faut aussi veiller à une implantation sécuritaire et réglementaire des moyens de mesure ou autres équipements (par exemple, ne pas laisser un véhicule stationné sur la bande d'arrêt d'urgence).

Les contraintes de sécurité se posent également pour les enquêteurs. La localisation des postes de mesure est un élément important (isolement, proximité de la chaussée, etc.).

Le responsable des enquêtes sur le terrain devra être clairement identifié.

- **Questions diverses**

- Veiller à l'approvisionnement et au bon état de marche des dispositifs de recueil.
- Vérifier préalablement au début de l'enquête la présence des enquêteurs aux endroits qui leur ont été spécifiés.
- Relever pendant l'enquête tout événement anormal susceptible d'être pris en compte dans l'analyse des résultats.
- Rassembler après l'enquête l'ensemble des machines de recueil et, le cas échéant les autres documents que les enquêteurs ont pu établir.
- Garder le contact avec les gestionnaires du réseau, donc prévoir les circuits de transmission correspondants.
- etc.

Quels sont les biais possibles ?

OBJET : Examiner l'ensemble des facteurs qui peuvent biaiser, perturber ou limiter l'interprétation des mesures.

COMMENTAIRES

On devra se poser au minimum les trois questions suivantes :

1. Le plan d'expérience permet-il d'appréhender l'ensemble des impacts du système ? On peut avancer sans hésiter que la réponse sera négative. Toutefois, identifier un impact non évalué ne signifie pas que l'on doive obligatoirement l'évaluer. L'essentiel est de savoir pourquoi on ne le fait pas : impact jugé marginal, difficultés de mesure etc.
2. Existe-t-il des éléments de contexte qui n'ont pas été pris en compte ? La réponse sera certainement positive, mais en connaissance de cause si l'étape n°4 a été convenablement traitée. En d'autres termes on a du s'assurer qu'au sein d'un bloc de contexte il n'existe pas d'éléments de contexte susceptible d'altérer l'homogénéité du bloc.
3. Quels sont les éléments susceptibles de perturber le test ? L'expérience montre que des éléments perturbateurs, souvent imprévisibles, sont quasiment inévitables. A titre indicatif, nous en citons un certain nombre ci-dessous :

Perturbations	Remarques, solutions préventives
Perturbations liées à des travaux sur voirie	Pour mémoire. L'expérience doit obligatoirement être planifiée en tenant compte de cet élément.
Perturbations liées au trafic (accidents, incidents, etc.)	Le responsable de l'expérience sur le terrain sera muni d'un cahier dans lequel il décrira et datera les événements imprévus. Les forces de police seront informées de l'expérience.
Mauvaises manipulations de la part des enquêteurs.	Une séance de formation des enquêteurs et autres manipulateurs doit être impérativement organisée.
Panne du matériel d'enquête.	Tests préalables évidemment nécessaires. Prévoir des consignes et/ou du matériel de secours.
Incident sur le système testé	La période de vérification préalable évoquée plus haut devrait limiter ce risque. Prévoir les modalités d'information des équipes sur le terrain. Prévoir un journal de bord précis.

ANNEXE n°2 : Exemple de plan d'expérience pour l'évaluation d'impact d'une régulation d'accès

Définition du système à tester

Sauf opportunité particulière liée à un dispositif innovant, et dont l'impact peut être individualisé, il n'est pas prévu de tester des sous-systèmes : on teste un système de régulation d'accès global, du point de vue de son impact sur le trafic.

Ce système comprend donc, dans le cas le plus général :

- L'équipement logiciel et matériel du poste central.
- Le réseau de transmission (télécommande des automates locaux).
- Les automates de contrôle locaux.
- Le réseau de détection (sur la VRU et sur la bretelle).
- Les équipements de signalisation.
- Les équipements d'information des usagers.

Le système testé sera réputé valide du point de vue de ses caractéristiques techniques et fonctionnelles, aussi bien au niveau des sous-systèmes qu'au niveau de l'intégration de ces sous-systèmes. Le responsable du réseau sera responsable de cette validation technique qui ne relève pas de l'expérimentation.

Définition du type de comparaison

Le principe général de l'évaluation est la comparaison des impacts avec et sans régulation d'accès, ou entre deux modes de régulation d'accès différents.

Situation de référence

Elle sera caractérisée par l'absence de tout système dynamique de régulation d'accès ou par le système existant. Les carrefours de surface régulés par feux, et qui sont susceptibles d'avoir une influence sur le volume du trafic sur les bretelles, ou sa distribution, seront paramétrés en fonction de cette situation de référence.

Situations testées

Une stratégie peut être définie par le « vecteur » de ses caractéristiques principales, comme indiqué ci-dessous. :

α	β	γ	δ
----------	---------	----------	----------

$\alpha = L$: régulation locale

$\alpha = C$: régulation coordonnée

$\beta = F$: Plans de feux fixes

$\beta = V$: Stratégie adaptative

$\gamma = \mathbf{A}$: Technique automatique

$\gamma = \mathbf{H}$: Technique heuristique

$\gamma = \mathbf{O}$: Sans objet ³¹.

$\delta = \mathbf{P}$: Insertion par peloton

$\delta = \mathbf{G}$: Insertion au goutte à goutte.

(Ainsi par exemple, la stratégie ALINEA non coordonnée, avec insertion par peloton, est-elle du type **LVAP**).

Cette typologie n'épuise pas les variétés de situation. Deux stratégies possédant les mêmes caractéristiques principales peuvent différer par le contrôle ou non de la remontée de queue sur la bretelle, par la présence ou non de PMV, par la présence ou non d'itinéraires de substitution, etc.

Définition des critères de réponse du système

Les critères de réponse du système sont les caractéristiques de la situation testée qui sont susceptibles d'être influencées par la mise en place de la régulation.

Pour définir ces critères, il faut garder présent à l'esprit la nature des bénéfices que l'exploitant attend de la mise en place d'une régulation d'accès, et les possibles effets négatifs qu'il veut contrôler (ou dont, au minimum, il veut connaître l'ampleur). Sauf particularités liées au contexte local, on peut classer ces impacts (positifs ou négatifs) en 5 catégories :

A/ Impact sur le fonctionnement global de la VRU

A1. Réduction de la durée des congestions.

A2. Réduction de l'extension spatiale des congestions (longueurs des bouchons).

A3. Augmentation des débits.

A4. Impact sur la sécurité.

B/ Impact sur le fonctionnement de l'accès

B1. Augmentation des longueurs de queue sur la bretelle³²

B2. Modification des conditions d'insertion sur la VRU

C/ Impact sur le fonctionnement du réseau parallèle

C1. Effet corridor : augmentation de la fluidité sur le réseau concurrent ³³.

C2. Effet report : attractivité accrue d'itinéraires de substitution³⁴.

³¹ Cette distinction est sans objet pour les stratégies à feux fixes.

³² Certains exemples montrent toutefois que lorsque la queue sur la bretelle est liée à la congestion de la VRU, qui rend difficile l'insertion, la régulation d'accès peut avoir un effet neutre ou même bénéfique sur la longueur des files d'attente.

³³ Cet effet ne peut être envisagé que lorsqu'il existe sur le site un véritable corridor, c'est-à-dire une véritable alternative (comme par exemple, à Paris, l'alternative Boulevard Périphérique/Boulevard des Maréchaux).

³⁴ Par opposition à l'effet corridor, on vise ici le report sur des itinéraires qui sont a priori plus pénalisants en termes de confort et de capacité. Il s'agit des multiples itinéraires de substitution que l'utilisateur est susceptible d'emprunter sur un réseau diffus pour pallier les inconvénients (réels ou supposés) de la régulation d'accès. Un critère de discrimination entre effet corridor et effet report peut être la présence ou non d'une signalisation de direction.

D/ Impact sur les conditions de déplacement des usagers

D1. Diminution du temps de parcours pour les usagers en transit ³⁵ sur la VRU.

D2. Augmentation du temps passé en file d'attente sur l'accès régulé ³⁶.

D3. Variation du temps de parcours total pour l'utilisateur ayant emprunté l'accès régulé ³⁷.

E/ Impact sur le comportement des usagers

E1. Taux d'infraction en tête de file d'attente.

E2. Acceptabilité du système.

IMPACT	CRITERE DE REPONSE	MOYENS DE MESURE
A1. Réduction de la durée des congestions.	Durée journalière des congestions récurrentes	Mesure automatique (Q/TO)
A2. Réduction de l'extension spatiale des congestions (longueurs des bouchons).	Longueur des bouchons	Vidéo ou Enquêteurs embarqués ou Mesure automatique (si réseau de détection dense)
A3. Augmentation des débits.	Débit en période de pointe	Mesure automatique (Q)
A4. Impact sur la sécurité.	Nombre d'accidents	Certainement non mesurable dans le cadre d'une expérience de durée limitée. A suivre sur une longue période ³⁸
B1. Augmentation des longueurs de queue sur la bretelle	Nombre de véhicules en file d'attente ou Longueur de la file d'attente.	Vidéo ou Enquêteurs ou recueil automatique ³⁹
B2. Modification des conditions d'insertion sur la VRU	Longueur du parcours sur le biseau d'insertion	Vidéo ⁴⁰
C1. Effet corridor : augmentation de la fluidité sur le réseau concurrent	Vitesse, débit et TO	Mesures automatiques.
C2. Effet report : attractivité accrue d'itinéraires de substitution	Débit	Comptages automatiques

³⁵ L'expression « usagers en transit » désigne ici les usagers de la VRU qui sont entrés sur celle-ci en amont de l'accès et en sortiront en aval.

³⁶ Voir note précédente.

³⁷ Ce temps est donc la somme du temps qu'il aura passé en file d'attente et du temps qu'il aura passé sur la section courante de la VRU, jusqu'à son point de sortie.

³⁸ Un examen des « quasi-accidents » nécessiterait une collaboration de spécialistes de ce domaine.

³⁹ A n'envisager que si le nombre de capteurs sur la bretelle est suffisant.

⁴⁰ Des mesures de ce type sont actuellement (1999) réalisées à Toulouse par la ZELT.

IMPACT	CRITERE DE REPONSE	MOYENS DE MESURE
D1. Diminution du temps de parcours pour les usagers en transit sur la VRU	Temps de parcours sur une OD encadrant l'accès.	Enquêteur embarqué ou Traitement d'image.
D2. Augmentation du temps passé en file d'attente sur l'accès régulé	Temps de parcours sur bretelle sur bretelle	Relevé par enquêteurs des numéros minéralogiques en entrée et sortie de la bretelle (méthode ZELT avec matériel PSION)
D3. Variation du temps de parcours total pour l'usager ayant emprunté l'accès régulé	Temps de parcours sur une OD incluant la bretelle.	Enquêteur embarqué ou Traitement d'image (lecture automatique des plaques d'immatriculation) ⁴¹
E1. Taux d'infraction en tête de file d'attente	Nombre de franchissement du rouge, rapporté au nombre de véhicules qui en avaient la possibilité matérielle.	Vidéo, enquêteurs ou système automatique.
E2. Acceptabilité du système.	Analyse qualitative	Questionnaire distribué aux usagers en file d'attente sur bretelle ou autre mode d'enquête.

Définition du contexte expérimental

Eléments du contexte

Le contexte expérimental, c'est-à-dire l'ensemble des caractéristiques de l'environnement de l'expérience, est défini doit être défini par un certain nombre de caractéristiques susceptibles d'influer sur la demande. On prendra garde au fait que plus on multiplie ces éléments de contexte, plus on aura du mal à disposer d'une base statistique suffisante⁴². La proposition qui suit est donc minimale, et à compléter éventuellement si des phénomènes spécifiques particuliers méritent d'être étudiés.

Nature des jours d'expérience	1. Jour de semaine hors vacances scolaires 2. Eventuellement : jours de trafic exceptionnellement dense.
Période horaire	1. Période de congestion récurrente. 2. Période fluide.
Météo	Absence de précipitation, ou autre phénomène météorologique (verglas, vent) notablement perturbant
Situation générale	Absence d'événement exceptionnel susceptible de perturber notablement les conditions de circulation (accident, travaux).

Définition des interactions entre le système et les éléments de contexte

La mise en place de la régulation d'accès est susceptible de modifier la demande (report sur des itinéraires de substitution). Il est nécessaire de prendre en compte cet élément dans l'interprétation des résultats, ce qui suppose que des mesures de débit soient réalisées sur de tels itinéraires.

⁴¹ La méthode de l'enquêteur embarqué est préférable car elle permet de décomposer le temps total en temps sur bretelle + temps sur VRU. Elle demande toutefois des moyens importants si on veut disposer d'une base statistique suffisante.

⁴² Si par exemple on définit comme un « bloc de contexte » les jours de départ en vacances scolaires, on ne disposera évidemment que d'une base statistique très faible.

Traitement de la réponse

La question posée est de déterminer dans quelle mesure les variations observées dans les différentes réponses du système sont susceptibles de résulter, partiellement, des variations de la demande et non pas de l'efficacité intrinsèque du système testé.

La difficulté réside dans le fait que le débit n'est pas un bon indicateur de la demande, puisqu'il est influencé par la régulation d'accès.

Le problème général qui est posé est de savoir si, pendant une période horaire qui encadre la période de mesure, le nombre de déplacement a varié d'un jour à l'autre.

Pour le savoir, il faudra mesurer le début entre des bornes horaires qui correspondent à une situation fluide et incluent la période d'activation de la régulation d'accès. De cette manière, on pourra estimer que le nombre total de véhicules ayant circulé est représentatif de la demande.

Définition du site de test

- la voie doit être une VRU où la congestion résulte de l'insuffisance de capacité de la section courante, et non remontées de queues de sortie.
- on doit observer des bouchons récurrents dans la zone expérimentale (pointe du matin ou du soir),
- il est nécessaire que les sorties de la VRU soient situées assez loin des accès de la zone expérimentale, ceci afin de minimiser les cisaillements entre voies, sources de perturbation pour l'évaluation
- il est nécessaire que les accès aient un trafic homogène (pourcentage régulier de poids lourds par exemple),
- Il est préférable que l'accès se fasse sur une seule voie pour des commodités d'interprétation,
- il est nécessaire que la zone expérimentale soit pourvue de stations de recueil en nombre suffisant (d'un point de vue de l'expérimentation et non de la mise en place effective des stratégies envisagées) pour assurer le recueil des données de trafic nécessaires à l'évaluation.

Echantillonnage

Cette question ne peut pas être étudiée avant définition précise des méthodes de mesure adoptées par chaque site.

L'échantillonnage consistera alors à dimensionner le nombre d'événements à observer pour être garanti, autant que faire se peut, de la robustesse statistique des résultats.

Analyse de la robustesse du test

Sous ce terme nous entendons l'analyse des facteurs qui peuvent éventuellement rendre le test incomplet ou partiellement non significatif. On devra se poser les trois questions suivantes :

1°/ Le plan d'expérience permet-il d'appréhender l'ensemble des impacts du système ?

2°/ Existe-t-il des éléments de contexte qui n'ont pas été pris en compte ?

3°/ Quels sont les éléments susceptibles de perturber le test :

Organisation pratique

Problèmes administratifs

Quelques questions importantes sont à résoudre préalablement :

- A) Avoir l'accord des gestionnaires des réseaux sur le plan d'expérience.
- B) Disposer des autorisations nécessaires pour implanter des équipements de mesure.
- C) Disposer des autorisations nécessaires pour réaliser des enquêtes auprès des usagers
- D) Informer les forces de police de la présence sur le site de personnes étrangères aux services gestionnaires (enquêteurs et mesureurs).
- E) Si des stratégies « goutte-à-goutte » sont testées, disposer des dérogations nécessaires (non-conformité aux dispositions réglementaires relatives aux durées de jaune fixe et de jaune clignotant).

Responsabilité des gestionnaires

On prévoira les procédures nécessaires pour que le gestionnaire puissent écourter l'expérience s'ils estiment que la sécurité ou le confort des usagers sont compromis.

Information

Pour analyser les résultats, il est nécessaire de savoir quelle est la nature, et l'ampleur, de l'information préalable qui a été fournie aux usagers.

Table des matières

1. Préambule	9
1.1 Position du problème	9
1.2 Objet du document	10
1.3 Objectifs et catégories d'évaluation	10
1.3.1 Évaluation des impacts	11
1.3.2 Évaluation de l'acceptabilité par les utilisateurs	12
1.3.3 Évaluation technique	13
1.3.4 Évaluation socio-économique	13
1.4 Rappel du contenu des évaluations demandées par la DSCR	13
1.4.1 Au niveau du DEP	13
1.4.2 Au niveau de l'APS	13
1.4.3 Suivi <i>a posteriori</i>	14
2. Construction des différents horizons de l'évaluation	15
2.1 État zéro	15
2.1.1 Contexte	15
2.1.2 Liste des indicateurs	18
2.1.2.1 Méthode	18
2.1.2.2 Les indicateurs du noyau dur	19
2.1.2.3 Les indicateurs complémentaires	22
2.2 États « après » dans une évaluation <i>a posteriori</i>	22
2.3 États de référence dans une évaluation <i>a priori</i>	22
2.3.1 Hypothèses sur l'évolution des indicateurs	23
2.3.2 Hypothèses sur l'impact des systèmes	24
3. L'évaluation des impacts	25
3.1 Position du problème	25
3.2 Évaluation d'impact d'un système isolé : un mémento en 12 étapes pour préparer un plan d'évaluation	25
3.3 Évaluation d'un système global : le tableau de bord	26
3.3.1 La notion de tableau de bord	26
3.3.2 Les indicateurs du tableau de bord	27

3.4	Complément concernant la gestion des situations perturbées	29
3.4.1	Typologie des perturbations	29
3.4.2	Structure des délais d'intervention	29
3.5	Un cas particulier : l'évaluation des structures	31
4.	L'évaluation de l'acceptabilité	33
4.1	Définitions préalables	33
4.1.1	Acceptabilité	33
4.1.2	Utilisateur	33
4.1.3	Ergonomie	34
4.2	Processus d'évaluation de l'acceptabilité	34
4.2.1	Position du problème	34
4.2.2	Évaluation <i>a posteriori</i> de l'acceptabilité	36
4.2.3	Méthodes	36
4.2.3.1	Méthodes à sujet passif	36
4.2.3.2	Méthodes à sujet actif	37
4.3	Conclusion	41
5.	L'évaluation technique	43
5.1	Généralités	43
5.2	L'évaluation technique globale	43
5.2.1	Le suivi d'indicateurs macroscopiques	43
5.2.2	L'évaluation de ressources particulières	44
5.2.3	Rôle de la maintenance dans l'évaluation technique	45
5.3	Méthode d'évaluation technique d'un équipement	46
6.	L'évaluation économique	47
6.1	Les principes de l'évaluation économique	47
6.2	Coûts relatifs aux projets globaux ou systèmes d'exploitation	48
6.2.1	Dépenses d'investissements	49
6.2.2	Valorisation des investissements et du fonctionnement des systèmes	49
6.2.3	Dépenses de fonctionnement	51
6.3	Avantages relatifs aux opérations d'exploitation	51
6.3.1	Estimation des avantages	51
6.3.1.1	Méthode	51
6.3.2	Évolution des avantages au fil du temps	56

6.4	Bilan socio-économique des opérations d'exploitation	56
6.4.1	Avantages nets	56
6.4.2	Indicateurs de rentabilité	56
6.4.2.1	Bénéfice actualisé	57
6.4.2.2	Date optimale de mise en service et taux de rentabilité immédiate	57
6.4.2.3	Taux de rentabilité interne	57
6.4.2.4	Bénéfice actualisé par unité monétaire investie	57
6.4.2.5	Indicateurs de rentabilité financière	58
6.4.2.6	Prise en compte de l'incertitude	58
6.5	Conclusion	58
6.6	Annexe	59
7.	Conclusion	61
	Éléments bibliographiques	63
	Glossaire	65
	ANNEXE n°1 : Le memento en 12 étapes	73
	ANNEXE n°2 : Exemple de plan d'expérience pour l'évaluation d'impact d'une régulation d'accès	85
	Table des matières	91

© ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer
centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Certu est illicite (loi du 11 mars 1957).
Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

Reprographie: CETE de Lyon ☎ (+33) (0) 4 72 14 30 30 (septembre 2004)
Dépôt légal: 3^e trimestre 2004
ISSN: 1263-2570
ISRN: Certu/RE -- 04-20 -- FR

Certu
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon cedex 06
☎ (+33) (0) 4 72 74 59 59
Internet <http://www.certu.fr>



Service technique placé sous l'autorité du ministère chargé de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer, le **Certu** (centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques) a pour mission de contribuer au développement des connaissances et des savoir-faire et à leur diffusion dans tous les domaines liés aux questions urbaines. Partenaire des collectivités locales et des professionnels publics et privés, il est le lieu de référence où se développent les professionnalismes au service de la cité.

- Aménagement et urbanisme
- Aménagement et exploitation de la voirie
- Transport et mobilité
- Maîtrise d'ouvrage et équipements publics
- Environnement
- Technologies et systèmes d'information

CETE
du Sud-Ouest

Certu

centre d'Études techniques
de l'Équipement
du Sud-Ouest
rue Pierre Ramond
B.P.C
33165 St-Médard-en-Jalles
Cedex
téléphone: 05 56 70 66 33
télécopie: 05 56 70 67 33

centre d'Études
sur les réseaux
les transports
l'urbanisme
et les constructions
publiques
9, rue Juliette Récamier
69456 Lyon Cedex 06
téléphone: 04 72 74 58 00
télécopie: 04 72 74 59 00
www.certu.fr