

Routes

des pays en développement, gestion et suivi

une méthode de suivi des performances
des réseaux routiers, à grande échelle





Qu'est-ce que l'IGR ?

L'Initiative de gestion de la route (IGR) est un volet essentiel du Programme de politiques de transport en Afrique subsaharienne (SSATP). Elle a été lancée conjointement par la Banque mondiale et la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique.

L'objectif premier de l'IGR était de fonder sur des bases solides le renouveau des politiques routières en Afrique subsaharienne.

C'est devenu maintenant un outil flexible pour aider les pays à identifier et résoudre leurs propres problèmes en la matière. Comme le montre l'expérience de l'IGR, il n'y a pas de bonne réforme de la gestion de la route sans forte adaptation au contexte du pays ni collaboration véritable des secteurs public et privé. Les pays bénéficiaires tout comme les bailleurs de fonds sont impliqués dès l'amont dans les actions de l'IGR. La gestion du programme est confiée à la Banque mondiale. L'IGR bénéficie du soutien financier d'un bon nombre de bailleurs bilatéraux, ainsi que de l'Union européenne et de la Banque mondiale.



*Programme de politiques de transport
en Afrique subsaharienne (SSATP)
Banque mondiale et Commission économique
pour l'Afrique*



Qu'est-ce que l'ISTED ?

Organisme à but non lucratif, l'ISTED est une plate-forme de réflexion, d'information et d'action au service de ses membres publics et privés dans les secteurs de l'équipement, des transports, de l'aménagement et de l'environnement. Il contribue à leur action internationale

- prioritairement dans les pays hors de l'OCDE -, à la valorisation du savoir-faire français dans le monde et à la mise en œuvre de programmes internationaux avec les responsables des pays tiers.

L'ISTED comprend plusieurs catégories de membres : entreprises, bureaux d'études, établissements scientifiques, organismes professionnels, d'enseignement et de recherche. Il collabore également avec les ministères français en charge de ces secteurs. L'ISTED assure certaines missions permanentes en matière d'échanges d'informations et conduit diverses actions opérationnelles : programmes de partenariat, animation de réseaux, expertise et évaluation.

ISTED

SOMMAIRE

À l'origine du projet SOURCE⁽¹⁾	p.3
Une évolution notable dans le secteur routier	
Quels outils pour mesurer et analyser les progrès ?	
Des réponses en amont et des réponses en aval	
SOURCE, pour apporter " l'épreuve des faits "	
SOURCE, simple aperçu	p.5
Des vitesses pondérées par des volumes de trafics	
Au cœur de la méthode : le véhicule flottant	
Un intégrateur statistique	
La vitesse courante des VL : une approche pertinente	
Les réseaux de référence, pour comparer de pays à pays	
Mise en garde sur les objectifs	
Destination SOURCE	p.7
Pour les grands réseaux des pays en développement	
Quelles informations ?	
Les macro-indicateurs	
D'une période à l'autre, confronter coûts et gains de niveau de service	
L'épreuve du terrain	p.10
1 ^{ère} campagne de tests sur 4 pays	
2 ^{ème} étape : une campagne en conditions réelles	
Validation des choix méthodologiques	p.11
Validation de la méthode de mesure	
Validation du choix de la vitesse courante	
comme paramètre directeur : corrélations vitesse-uni	
SOURCE : Questions classiques	p.14
Vitesse et sécurité	
Vitesse et... limitations de vitesses ?	
Vitesse et profils nationaux ?	
Vitesse et tracé	
Une campagne-type	p.15
Profil-type d'une campagne nationale	
Fréquence	
Évolutions du réseau de référence	
Combien ?	
Développement et dérivés de SOURCE	p.16
Lignes d'action	
Le dispositif africain d'observation systématique	
Adaptation à des problématiques spécifiques	
Un outil de tous les jours : la méthode simplifiée	

Fiche N°1 : La boîte à outils SOURCE, un CD-ROM en libre diffusion

Fiche N°2 : Le procédé pratique du flottement

Fiche N°3 : Adopter SOURCE : grille de décision

(1) S.O.U.R.C.E. : Standard Overall Ultralite Road Care Estimate (Suivi normalisé, global et léger de la qualité de la gestion de la route).

À l'origine du projet SOURCE

Une évolution notable dans le secteur routier

Ces 10 dernières années, un vent de réforme institutionnelle s'est propagé au secteur routier de nombreux pays africains. Les bailleurs de fonds l'ont soutenu et appuyé, notamment par le canal de l'Initiative de Gestion de la Route (IGR), composante du SSATP (*Sub-Saharan Africa Transport Policy Program*). Des mécanismes novateurs ont été implantés : débudgétisation des ressources de l'entretien routier, participation directe des usagers de la route aux organes de gestion... Avec des règles redéfinies : plus de logique de marché, plus de décentralisation, des opérateurs de types nouveaux.

C'est en fait dans l'ensemble des pays en développement ou en mutation que ce Meccano institutionnel s'est développé, avec des influences croisées. L'Afrique a puisé son inspiration dans l'Amérique latine, puis l'Afrique de l'Ouest dans l'Afrique de l'Est, puis à son tour l'Europe centrale et orientale... avec des effets de générations successives, qui parfois se croisent. Certains pays ont connu aléas, blocages ou incidents de parcours. Nombre de pays ont réalisé des avancées indéniables.

Quels outils pour mesurer et analyser les progrès ?

En même temps, on décèle ici et là les indices d'erreurs méthodologiques : par exemple, le vide durable souvent

laissé par la liquidation des parcs d'engins publics, quand les perspectives et les conditions du marché ne suffisaient pas à susciter une offre. D'autres aspects mériteront également relecture, à l'épreuve des faits.

"À l'épreuve des faits" ! Une exigence logiquement mise en avant par tous les partenaires impliqués dans ces processus : parties prenantes du secteur routier comme bailleurs de fonds. Tous éprouvent le besoin impérieux de disposer d'instruments de suivi efficaces, pour juger des progrès, des acquis et évaluer la pertinence finale des réformes préconisées. **C'est-à-dire capitaliser avec discernement.**

Au niveau des pays, les nouveaux organes de gestion associant les usagers de la route engendrent une demande accrue de méthodes maniables et objectives de suivi des performances du secteur. Pour accepter, reconduire ou augmenter un "tarif d'entretien routier", et en convaincre ses mandants, un représentant de transporteurs a besoin en retour de mesures régulières et très concrètes des résultats.

La question globale "Comment suivre et évaluer correctement les progrès de l'entretien routier ?" s'entend donc à la fois au niveau de chaque pays et à un niveau d'ensemble.

Des réponses en amont et des réponses en aval

À l'amont, il y a bien sûr le suivi du progrès institutionnel, pour lequel de nouveaux outils se mettent en place. Ceux-ci mesurent l'intention politique traduite dans un cadre de réforme, mais pas l'efficacité opérationnelle.

Il y a également le suivi classique de l'exécution des programmes d'intervention ou du fonctionnement même des nouvelles agences routières : audits techniques et audits de gestion. On vérifie là le bon fonctionnement de la machine telle qu'elle est, mais pas son efficacité finale.

À l'aval, en termes de résultats de terrain, l'ingénieur dispose de toute une panoplie d'excellents outils et de méthodes éprouvées permettant d'apprécier l'état des chaussées. Par ordre croissant au regard de la qualité et de la précision des résultats obtenus (mais en contrepartie, également par ordre croissant de complexité et de coût) : les relevés visuels multi-critères de dégradations, les mesures d'uni ou équivalent, et enfin les mesures de déflexion. Aucun de ces outils, même le plus léger (relevés visuels), n'est adapté au suivi intégral et récurrent à grande échelle, pour lequel ils n'ont pas été conçus ; leur domaine d'excellence débute à la pré-programmation des travaux.

Outre les exigences logistiques lourdes et les compétences pointues requises, le coût de telles campagnes à l'échelle d'un réseau principal serait le plus souvent politiquement injustifiable, comparé au maigre budget global consacré à l'entretien routier : quand le prix du suivi dépasse le quart du coût de l'action, on ne peut plus "suivre". Il faut changer de gamme d'outils.

Au plan du suivi-évaluation des politiques routières, à quelques pays près, on se heurte à une zone de vide en matière d'outils fiables.

Un état des statistiques routières

Là aussi, les faits apportent la démonstration, mieux que tout argument : c'est un fait, les statistiques routières sous la forme d'agrégats nationaux, couramment utilisées, sont très majoritairement qualitatives (malgré des apparences trompeuses) et en fait inexploitable.

C'est un fait, bien trop peu de pays disposent de banques de données routières permanentes, maîtrisées localement et régulièrement actualisées, comportant des bases techniques objectives.

Par exemple : sur 45 pays africains interrogés en 98, 41 indiquaient que leurs bases de données ne réunissaient pas ces critères. 20 de ces administrations routières ne pouvaient fournir que des statistiques "communément acceptées, sans base statistique précise".

Quant aux données globales relatives aux trafics, en dehors de programmes particuliers, elles sont très rarement disponibles, et souvent contredites par l'observation, c'est un fait. C'est pourquoi un suivi systématique à grande échelle ne peut que très exceptionnellement, en pratique, se fonder directement sur une banque de données routières pré-existante.

Si l'on s'intéresse au plan supranational (pour conduire des comparaisons de pays à pays), l'allure homogène des séries statistiques en circulation cache deux défauts majeurs : absence d'un critère unifié (depuis la mesure de déflexion jusqu'au simple "dire d'expert"), mais aussi réseaux de référence très peu homogènes et hautement fluctuants (sur les séries étudiées, on voit des "coups d'accordéon" atteignant [-66%] sur 8 ans). La portée de ces défauts est telle qu'elle induit des contresens complets sur la question de base : "progrès / pas progrès ?".

SOURCE, pour apporter "l'épreuve des faits"

Comment se porte réellement le réseau routier ?

Comment les programmes de travaux neufs et de réhabilitation vieillissent-ils ?

Quel est le niveau de service effectif assuré aux usagers ?

Comment ce niveau de service évolue-t-il ?

La réponse routière est-elle à la hauteur des potentiels et des besoins ? Etc.

Ces questions cruciales pour la politique de la route et du transport routier trouvent en effet peu de réponses à travers les statistiques et données disponibles, à l'échelle requise.

Le suivi du niveau de service effectif du réseau routier, pris comme indicateur global des performances physiques du réseau, voilà précisément l'objet du projet SOURCE, lancé en 1998 par l'IGR, qui a permis de caler et de valider la méthode SOURCE.

Le projet SOURCE avait pour objectif de créer et tester un outil à faible coût, simple et pratique, pour suivre la situation du réseau d'un pays, objectivement, de manière simple et normalisée : **un instrument d'évaluation globale de la performance (bench-marking).**

L'idée : fournir, pays par pays, une image standard exacte du réseau principal, produire directement une information globalisée d'une qualité statistique bien encadrée (non conditionnée par l'existence ou la qualité des bases pré-existantes).

Le produit-clé (mais pas le seul) : un unique macro-indicateur par pays, qui soit le plus déterminant du point de vue des usagers.



SOURCE, simple aperçu

C'est au travers des temps de parcours moyens, expression la plus directe de "l'attente" des usagers, que l'on va apprécier le niveau de service effectif offert par le réseau routier, c'est-à-dire la qualité du service (en fait, mesurer ces temps de parcours moyens ou mesurer des vitesses de parcours moyennes, cela revient bien au même). Complémentairement, l'évaluation des volumes de trafic, quant à elle, mesurera la quantité du service rendu, en termes de production de transport routier.

Des vitesses pondérées par des volumes de trafics

La méthode SOURCE est donc basée sur des mesures normalisées de trafics et de vitesses courantes des véhicules légers, effectuées pour chaque pays sur un réseau de référence normalisé. Les deux séries de données (trafics/vitesses) sont agrégées à l'échelle du réseau de référence sous la forme d'un unique macro-indicateur (une pseudo-vitesse) qui rend compte du niveau de service effectif apporté par les routes principales dans chaque pays. On obtient en complément divers produits dérivés, dont bien sûr une macro-banque de données du réseau en question.

Au cœur de la méthode : le véhicule flottant

Vitesses et trafics sont mesurés simultanément grâce à un protocole

spécial dit "du véhicule flottant" : un véhicule ordinaire (le véhicule flottant) est inséré dans la circulation et suit alternativement un véhicule rapide (qui l'a doublé) et un véhicule lent (qui est rattrapé). Chemin faisant, le trafic rencontré en sens inverse est comptabilisé. Cette procédure est détaillée en fiche annexe.

SOURCE, une méthode légère :

Équipement minimum de l'équipage de mesure

OUI :

- Véhicule (4x4 ordinaire)
- Chronomètre
- Cartes routières ordinaires
- Calculette

NON :

Ni micro-ordinateur, ni moyens de radio-transmission, ni aucun appareillage particulier.

Ce dispositif, sur le terrain comme au bureau d'études, reste simple : les tableaux d'aide au traitement (voir fiche annexe) sont des plus en terme de productivité et de confort, mais on pourrait même s'en dispenser. Aucune catégorie de prestataire n'est donc avantagée. L'ingénierie locale est parfaitement à même de s'approprier la méthode.

des résultats de grande qualité : c'est la clé de la méthode.

Cet intégrateur statistique "vivant" (si l'on peut dire) n'a donc qu'à parcourir une seule fois la totalité du réseau considéré, ceci à des vitesses proches des vitesses courantes, sans postes fixes ni appareillage.

La vitesse courante des VL : une approche pertinente

L'expérimentation a établi qu'une telle mesure de vitesse courante des véhicules légers (VL) en saison sèche offre une corrélation suffisante avec l'état de surface de la route (contrairement aux poids lourds, en raison du facteur de charge inconnu). La méthode est conçue pour s'affranchir des autres facteurs permanents influençant les vitesses (ex : le type de tracé).

La méthode s'applique de façon identique sur les routes revêtues et non revêtues, au contraire des méthodes classiques d'évaluation de l'état des chaussées, qui sont toutes soumises, par nature, à une discontinuité.

Moyennant un traitement adapté de divers facteurs de distorsions et après rectification, la sensibilité de l'indicateur aux disparités ou aux évolutions des parcs automobiles reste négligeable (les vitesses étant systématiquement écartées à 90 km/h). **Ainsi la configuration des macro-indicateurs garantit, malgré leur faible coût, une robustesse statistique suffisante (les seuils de qualité fixés sont atteints pour tout linéaire d'au moins 150 km).**

Les réseaux de référence, pour comparer de pays à pays

Un aspect essentiel de la méthode SOURCE, pour pouvoir mener des comparaisons, est la définition de réseaux de référence spécifiques (sur lesquels s'effectueront les mesures), reflétant statistiquement les besoins de base en transports. De façon bien normalisée, ils prennent en compte la démographie urbaine, avec des critères additionnels pour les liaisons transfrontalières, les débouchés portuaires et les corridors de transit ou de désenclavement, mais pas les niveaux de trafics.

Les réseaux de référence sont composés de 4 rangs, hiérarchisés de 1 à 4 selon l'importance des besoins de transport (la méthode de mesure est unique et ne tient pas compte du rang).

Ces réseaux jouent un peu le rôle du "panier de la ménagère" utilisé pour le suivi des prix à la consommation. Faiblement évolutifs à l'échelle de quelques années, ils sont assez resserrés pour être toujours

inclus dans les réseaux prioritaires définis au plan national. On devra strictement s'en tenir à ces réseaux de référence (seulement les 3 rangs principaux) pour fonder tout comparatif entre pays.

Cela étant dit, chaque campagne SOURCE sur un pays donné mérite d'être étendue au réseau prioritaire national. Il est en fait possible, en produisant ainsi une double série statistique, de répondre aux deux visions complémentaires (nationale et transnationale).

La fréquence souhaitable en règle générale pour évaluer l'état du réseau dans son ensemble sous cet angle objectif du service rendu aux usagers est d'une campagne de mesures tous les 3 ans. Pour une solide moisson de résultats, les coûts de campagnes et les contraintes logistiques sont réduits au minimum. Coûts directs de terrain : 2 USD au km mesuré.

Mise en garde sur les objectifs

Les indicateurs SOURCE ne sont pas conçus pour se substituer aux données classiques sur l'état des routes : l'échelle de la collecte des données SOURCE (le mode de découpage du réseau) ne serait pas assez fine pour satisfaire les besoins de la gestion de l'entretien au quotidien, de la programmation des travaux, etc. La méthode SOURCE ne produit pas la banque de données routières détaillées nécessaire à l'exploitation de la route, mais uniquement une solide "macro-banque" de données.

SOURCE assure, ni plus ni moins, l'information minimum indispensable :

- aux autorités en charge de la route, pour rendre compte aux usagers-payeurs des performances obtenues sur le réseau, via un dialogue transparent et bien informé,
- aux décideurs à tous niveaux pour apprécier l'impact des politiques routières sur la base des résultats physiques.

Bref, éclairer les macro-décisions.

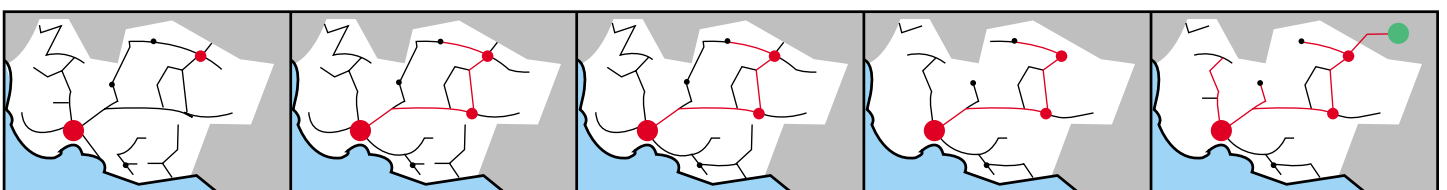


Fig.1. L'extraction des réseaux de référence en 5 étapes. Méthode détaillée dans le CD-ROM SOURCE.

En Afrique, les réseaux de référence ainsi définis s'étagent de plus de 10 000 (voire 15 000) km chacun, pour les pays géants (comme le Nigeria ou l'Afrique du Sud) à moins de 500 km pour les plus petits pays (comme la Gambie, Djibouti, ou bien sûr les petites îles-États ou archipels-États).

Destination SOURCE

Pour les grands réseaux des pays en développement

Cette méthode, validée en fonction du paysage typique des réseaux principaux africains, ne serait pas adaptée à des groupes de pays dont les caractéristiques routières seraient radicalement meilleures (la discrimination de l'état de la route par la vitesse courante de circulation perd sensiblement en qualité pour la strate haute de la gamme). Par ailleurs, il importe qu'une part suffisante du réseau considéré atteigne des trafics consistants (la précision des macro-indicateurs est déterminée par celle obtenue sur les liaisons majeures). SOURCE n'est pas adaptée à traiter des ensembles constitués de pistes rurales. SOURCE est donc une méthode spécifique aux **réseaux structurants** des pays en développement.

Champ d'application

La méthode SOURCE est adaptée aux réseaux offrant les caractéristiques suivantes :

Structure du réseau

- Peu d'autoroutes et de sections à plus de 2 voies
- Mixte revêtu / non revêtu
- Majoritairement : plutôt dégradé

Gamme de vitesses

- Vitesses courantes de circulation globalement très inférieures aux standards occidentaux. Majoritairement : en dessous de 90 km/h.

Gamme de trafics

- Niveaux de trafic globalement faibles à très faibles par rapport aux standards occidentaux. Majoritairement : en dessous de 700 véhicules légers par sens de circulation et par jour. Mais au moins quelques liaisons majeures dépassant les 350 VL par sens et par jour.
- Réseau très éloigné de la saturation généralisée (sauf liaisons péri-urbaines).

Il s'agit là uniquement du périmètre de validité des procédés statistiques. Cette limitation du champ d'application ne signifie pas que le cahier des charges général de l'outil de suivi soit substandard.

Au contraire, on a tenu large compte des conclusions et recommandations pour le suivi des performances routières émises par le Comité compétent de l'AIPCR (Association mondiale de la route, voir notamment les travaux sous l'intitulé HPMS – Highway Performance Monitoring Systems –), de manière à se conformer aux plus grandes spécifications à vocation mondiale.

Quelles informations ?

On livre ici, à titre d'exemple, les résultats mis en forme de la toute première campagne de mesures SOURCE conduite en vraie grandeur, au Ghana, en mars-avril 1999.

FeuilRécap				Rés.réf.SOURCE (rangs 1 à 3)			
GHANA		Pays		3 liaisons			
Mesuré de Mar-99 à Apr-99				Longueur brute	374	Km	
ASP CONSULT L116	Consultant			%revêtu (approx.)	48%	%	
ISTED	Contrôleur			Niveau de trafic VL (1 sens)	30	VL / h	
		Avec trafic rectifié <input checked="" type="checkbox"/>		Volume trafic hor VL (2 sens)	22.378	(LV x Km) / h	
				Vitesse courante VL	75,5	Km / h	
				Vitesse de parcours VL	61,1	Km / h	
				Vit.parcours / Vit.courante	0,81	from 0 to 1	
Indices standard							
Code des liaisons	Min	Max	L1	L2	L3		
[1 à 4] Rang SOURCE	1	3	1	2	3		
Classif. et N° des routes			NR1	PR1	DR1		
Origine			BUYINE	TECHMAN	WINCHE		
Fin			KUASU	BOLE	GAMEH		
Caractéristiques							
Type revêtement			100% 0% 0%	40% 0% 60%	0% 0% 100%		
Largeur chaussée			100% 0% 0%	88% 14% 0%	0% 0% 100%		
Type de tracé			0% 100% 0%	0% 100% 0%	0% 33% 63%		

Cette campagne au Ghana, ayant concouru au développement même de la méthode dans la phase de préconsolidation, ne se conforme pas à 100% des règles du protocole de mesure définitif. Ces résultats ne sont donc présentés ici qu'à titre de spécimens.

Fig.2. Caractéristiques et résultats pour les 81 liaisons du réseau traité, d'environ 6 400 km (extrait).

Les macro-indicateurs

Les indicateurs SOURCE sont des agrégats nationaux, calculés sur l'ensemble du réseau de référence du pays considéré. Ils s'appliquent à la saison sèche, pour les heures et jours ouvrables.



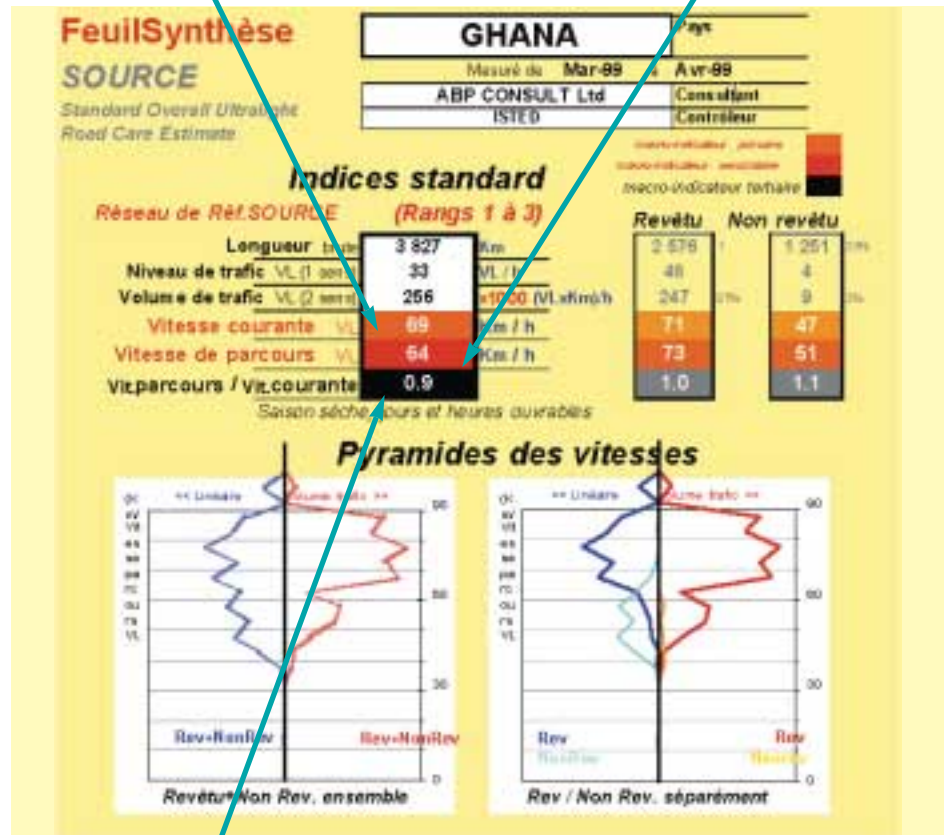
Fig.3. Spécimens de sorties graphiques SOURCE : en haut, le réseau considéré. En bas, la carte combinée vitesses/trafics VL.

Indicateur SOURCE primaire :

c'est la "vitesse courante" des VL sur le réseau de référence. Cet indicateur se calcule ainsi : c'est la moyenne harmonique des vitesses des VL, section mesurée par section mesurée, pondérées par les volumes horaires de trafic VL dans les deux sens de circulation. Cette vitesse est dite "courante" car c'est la vitesse la plus probable d'un VL circulant sur le réseau, choisi au hasard. Cet indicateur s'exprime en km/h.

Indicateur SOURCE secondaire :

c'est la "vitesse de parcours" des VL sur le réseau de référence. Cet indicateur se calcule ainsi : c'est la moyenne harmonique des vitesses des VL, section mesurée par section mesurée, simplement pondérées par les linéaires de ces sections. Cette vitesse est dite "vitesse de parcours", car c'est la vitesse résultante d'un VL qui parcourrait une fois la totalité du réseau en adoptant exactement, sur chaque section, la vitesse moyenne qu'on y a observée. Cet indicateur s'exprime en km/h.



Indicateur SOURCE tertiaire :

c'est le rapport indicateur secondaire sur indicateur primaire. C'est un indice d'homogénéité de la situation du réseau. Son interprétation demande un certain soin. En pratique pour un réseau national, c'est un nombre entre 0 et 1.

Fig.4. Extrait de la fiche de synthèse SOURCE pour le Ghana : macro-indicateurs, profils du réseau et classes de service effectif. Les "pyramides des vitesses", distribuées selon les volumes de trafic et selon les linéaires sont des aides pour l'interprétation du macro-indicateur tertiaire, assez sophistiquées et réservées au spécialiste.

D'une période à l'autre, confronter coûts et gains de niveau de service

Le macro-indicateur primaire SOURCE s'exprime donc sous forme d'une vitesse (écrêtée par construction à 90 km/h). Il s'éclate naturellement en deux sous-indicateurs, pour les routes revêtues et pour les non revêtues.

Connaissant le programme de travaux lourds des 3 années précédentes, l'écart constaté sur l'indicateur SOURCE primaire pourra être scindé en 3 écarts cumulatifs, reliés aux flux budgétaires correspondants :

- le gain de vitesse dû aux travaux neufs,
- le gain de vitesse dû à l'entretien périodique,
- la perte de vitesse due au vieillissement du réseau, lié au climat et au trafic, mais limité par l'effort d'entretien courant.

Ainsi en très grandes masses, on pourra tirer le bilan économique direct d'une politique routière à moyen et long terme, en mesurant la part de bénéfiques attribuable à chacune de ses composantes lourdes.

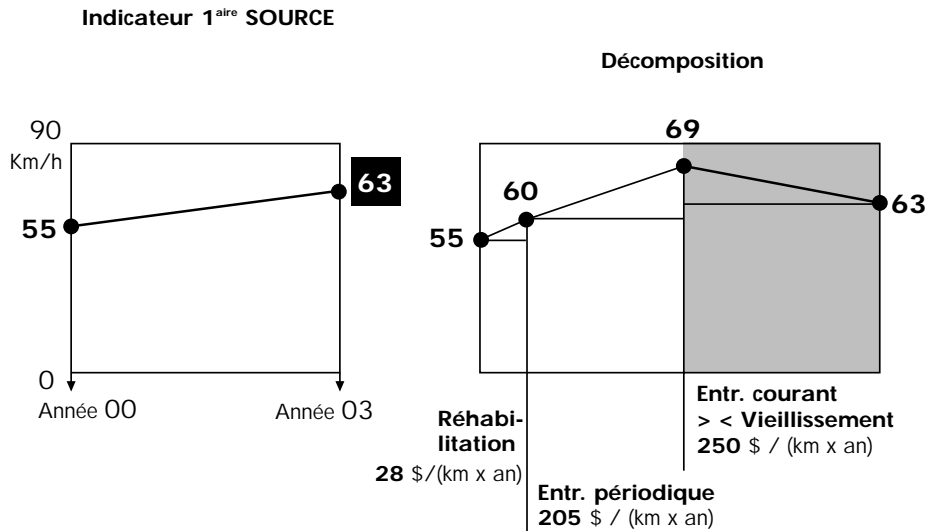


Fig.5. Principe de décomposition de l'écart intercycle de l'indicateur primaire SOURCE. NB : les flux budgétaires sont ramenés au km du réseau de référence complet, et non pas au km de travaux.



L'épreuve du terrain

Sur la base d'objectifs établis fin 1997 à Lomé entre partenaires de l'IGR, les termes de références du projet SOURCE ont pu être arrêtés début 1998. La phase de recherche et d'expérimentation a été confiée, sous supervision directe de l'équipe IGR, à une équipe pluridisciplinaire regroupant : un coordinateur responsable également de la logistique des tests de terrain, un partenaire scientifique pour les questions d'ingénierie routière, un expert pour les aspects économiques et méthodologiques.

La première série de tests de terrain a été développée dans 4 pays (Cameroun, Guinée, Ghana et Madagascar), pour environ 1 000 km d'échantillon par pays, en juillet-août 1998 ; ces tests constituaient le cœur de la première phase, dont les conclusions ont été présentées aux bailleurs de fonds et aux partenaires africains de l'IGR fin 1998, à Dar-Es-Salaam.

1ère campagne de tests sur 4 pays

3 800 km de routes, choisis dans 4 pays, ont fait l'objet :

- de mesures d'uni exhaustives au *bump integrator*,
- de relevés de dégradations multicritères exhaustifs (méthodologie VIZIR sur routes revêtues, VIZIRET sur routes non revêtues), saisis sur appareillage DESY,
- de mesures de trafic inverse au vol et à poste fixe,
- de mesures de vitesses courantes, combinant mesures exhaustives exactes et mesures statistiques selon 6 protocoles différents.

Nombre de tronçons		Longueur		Tracé [1,2,3]		Trafic Véh/H		Vitesse km/H		État	
		km	%	Pente	Sinuosité	VL	PL	VL	PL	IRI	Notation des dégradations
Non revêtu	33	961	25%	1,1	1,2	5	3	35	25	8,4	20% (1)
Revêtu	122	2811	75%	1,8	1,7	64	8	67	55	4,1	3,5 (2)
Total	155	3772	100%	1,6	1,6	49	7	65	50	5,2	

N.B.1 : Les vitesses moyennes sont des moyennes harmoniques pondérées par les volumes de trafics (la moyenne arithmétique est en fait opérée sur les temps de parcours).

N.B.2 : Toutes les autres moyennes sont arithmétiques, pondérées par les linéaires.

(1) Non revêtu, méthodologie VIZIRET : % du linéaire affecté par des dégradations de rang 3 : déformations, orniérage ou nids-de-poule.

(2) Revêtu, méthodologie VIZIR : note globale de 1 à 7 (synthèse d'évaluations en gravité et en étendue des déformations, fissurations et réparations).

2ème étape : une campagne en conditions réelles

En mars 1999, une campagne intégrale de mesures sur le Ghana a été confiée à un prestataire tiers, une ingénierie locale, sous la supervision de l'organe de coordination du projet. Le but principal était de tester dans un cadre opérationnel les supports, les outils et les dispositifs de formation nécessaires pour l'acquisition de la méthode SOURCE, de valider les coûts de terrain et de mettre au

point un protocole de contrôle de qualité appliqué aux mesures (formation des équipages, certification, etc.). Un réseau élargi de 6 400 km a ainsi été mesuré (le "réseau de référence SOURCE" faisant environ 4 000 km).

Les principaux enseignements de ces expérimentations, leurs résultats bruts et les outils-prototypes de la méthode ont été présentés aux bailleurs et partenaires de l'IGR à Washington en avril 1999.

Le budget consolidé du projet SOURCE, hors publication et diffusion, mais incluant les tests de terrain extensifs, est resté en dessous de 350 000 USD.

		Rang de 1 à 4		Linéaire km		dont revêtu km %	
		1	2	3	4		
GHANA	Réseau de référence SOURCE	1	1128	1105	98%		
		2	1621	1102	68%		
		3	1078	367	34%		
		SsTot [1-3]	3827	2576	67%		
		4	2585	1111	43%		
Totalité du réseau de l'expérimentation		Tot [1-4]	6412	3719	58%		

Validation des choix méthodologiques

La validation de la méthode SOURCE s'est faite à deux niveaux d'analyse :

- la capacité à produire, dans le respect du cahier des charges de départ (coût, débit, niveau d'équipement) **des mesures fiables et reproductibles**, notamment pour la mesure de la vitesse courante.
- la **pertinence du choix de la vitesse courante** pour refléter à cette échelle l'état de la route, dans la gamme des réseaux routiers en question.

Validation de la méthode de mesure

Ce travail a été réalisé en couplant l'emploi d'un outil puissant de simulation informatique, spécialement mis au point, et la campagne de tests de terrain.

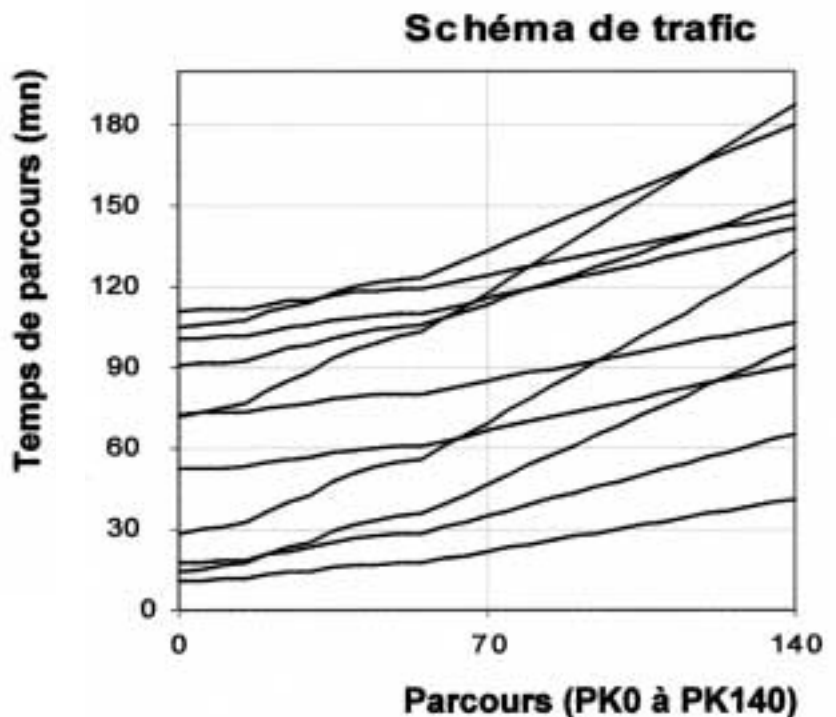


Fig.6. Représentation graphique du trafic. Chaque ligne représente la trajectoire d'un véhicule circulant sur l'itinéraire. Plus la ligne est tendue vers l'horizontale, plus le véhicule est rapide. Quand 2 trajectoires se croisent sur le graphique, c'est un dépassement entre 2 véhicules. Le trafic n'est représenté ici que dans un seul sens

de circulation. Le trafic inverse donnerait une deuxième série de trajectoires montant de droite à gauche et non de gauche à droite. En fait, une part du trafic réel n'emprunte pas l'itinéraire sur toute sa longueur : jonctions, bifurcations, arrêts ou départs. Se rajoutent donc des trajectoires qui "naissent" ou "meurent" en cours de route.

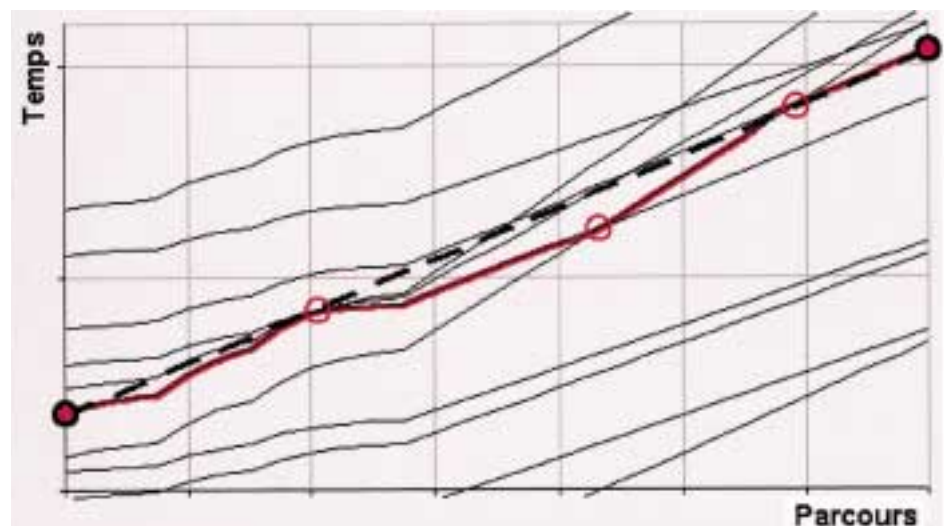


Fig.7. Insertion du véhicule flottant (VF). Ici le VF (trajectoire en rouge), "flottant" dans le flux du trafic, a changé 3 fois de véhicule suivi. La pente de son bilan de trajectoire (en pointillés noirs) correspond à sa propre vitesse moyenne réalisée sur le parcours. Pour des distances et des niveaux de trafics

suffisants (ou correctement accordés), cela réalise physiquement **une très bonne intégration statistique de la vitesse moyenne** de la circulation (c'est-à-dire la moyenne harmonique des vitesses de parcours des véhicules), dans un voisinage bien plus large que le seul échantillon des véhicules suivis.

Routes des pays en développement, gestion et suivi

Pour la mesure des vitesses courantes, on a étudié et testé 6 protocoles de mesure : celui du "véhicule flottant", ainsi que 5 protocoles "à fenêtre", tous basés sur : la "capture" du trafic dans un périmètre fermé composé d'observateurs fixes et mobiles et la reconstitution de la vitesse moyenne par le biais des différentiels entre trafics réels (perçus par les observateurs fixes) et trafics apparents (perçus par les observateurs mobiles). Ces 6 protocoles sont symbolisés par les icônes, ci-contre, qui dans chaque cas schématisent le dispositif d'observation inscrit dans le flux de circulation. Tous ces protocoles ont été soumis à la fois à l'épreuve de la simulation informatique et des tests de terrain.

Le protocole de flottement s'est avéré de loin le plus performant quant à la qualité des mesures. Par ailleurs, son seuil de tolérance et sa flexibilité vis-à-vis des perturbations de la circulation sont très élevés. C'est aussi et de loin le plus économique (en termes de productivité et de moyens mobilisés). Une deuxième série de simulations informatiques, plus finement paramétrée sur la base des gammes et des distributions relevées sur le terrain, a permis d'améliorer le calage de ce protocole. Après finalisation, c'est donc lui qui a été employé lors de la première campagne

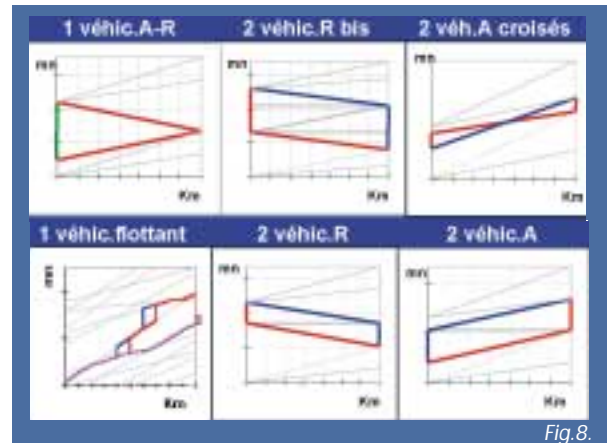


Fig.8.

de mesures SOURCE développée à grande échelle au Ghana. Cette campagne expérimentale a notamment permis de tester et d'optimiser le manuel pratique, les outils de saisie et de traitement.

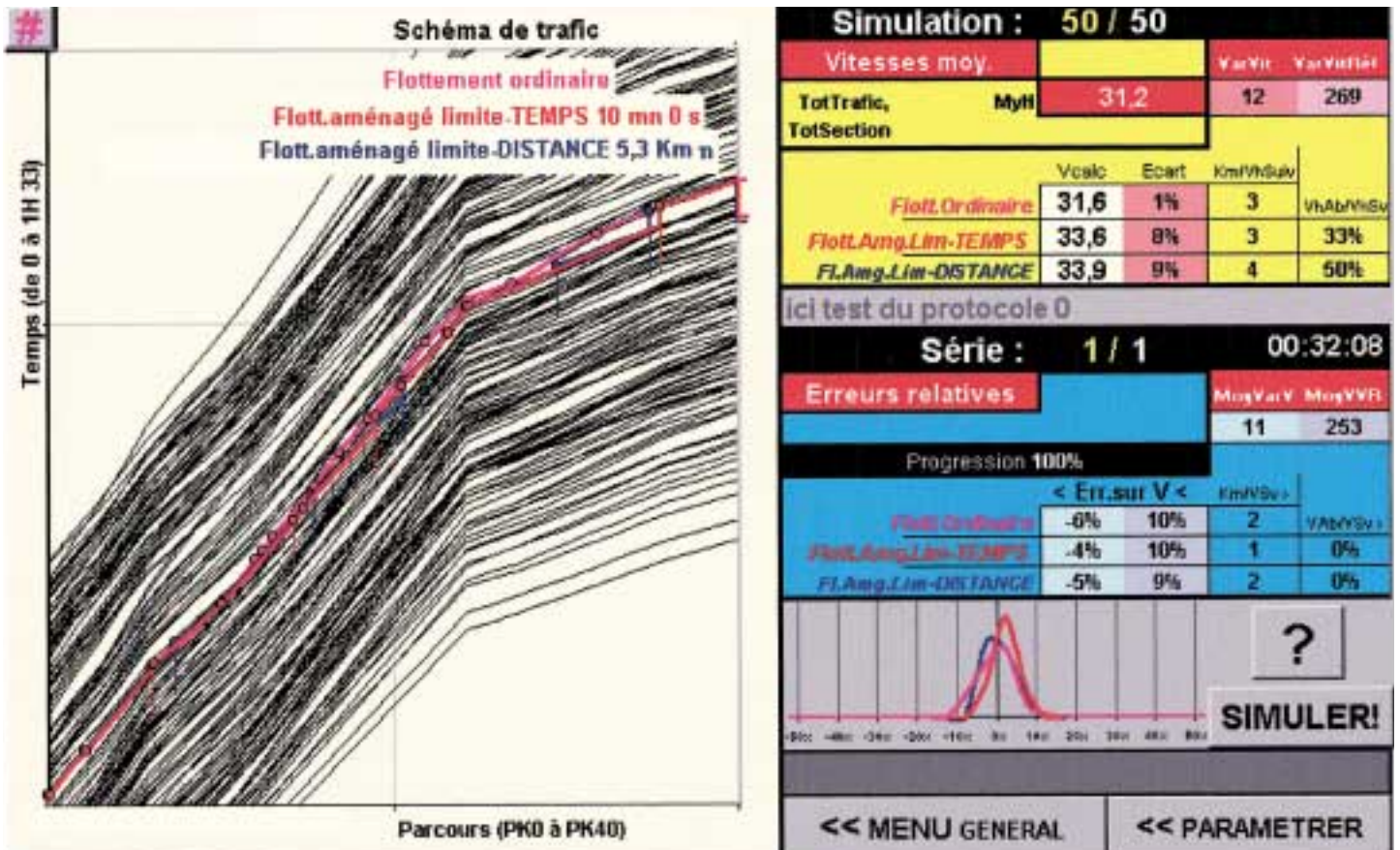


Fig.9. Écran de visualisation d'une série de simulations informatiques portant sur le micro-calage du protocole de flottement.

Validation du choix de la vitesse courante comme paramètre directeur : corrélations vitesse-uni

Ce travail, très concluant, a été effectué en associant, dans le cadre de

la 1ère campagne de test, des méthodes classiques lourdes et exhaustives (mesure d'uni au bump integrator, relevés visuels multicritères) à la mesure des vitesses, pour travailler ensuite sur les corrélations.

Il est utile cependant de bien percevoir les limites de cet exercice : la mesure d'uni via l'IRI, fruit d'efforts multiples de standardisation, reste un

indice de synthèse imparfait de l'état de la route (d'où la coexistence de multiples méthodes multicritères concurrentes, toutes assez proches entre elles). L'approche SOURCE, quant à elle, privilégie d'emblée le niveau de service effectif de la route, plus que son état : le degré de déformation de surface (l'uni) n'en est qu'une composante (majeure).

Routes revêtues seules

	VmoyVL		VmoyPL	
	R ²	P	R ²	P
Tous tracés	0,33	0,00	0,06	0,01
Sinuosité 1	0,53	0,00	0,26	0,00
Sinuosité 2	0,26	0,00	0,00	0,68
Sinuosité 3	0,11	0,05	0,01	0,62
Pente 1	0,54	0,00	0,30	0,00
Pente 2	0,21	0,00	0,00	0,88
Pente 3	0,25	0,00	0,09	0,13

Pour chacun des tests, on a retenu 2 indicateurs : le coefficient de détermination (R2) et la P-value (probabilité de faire erreur en admettant qu'il y ait effectivement corrélation).

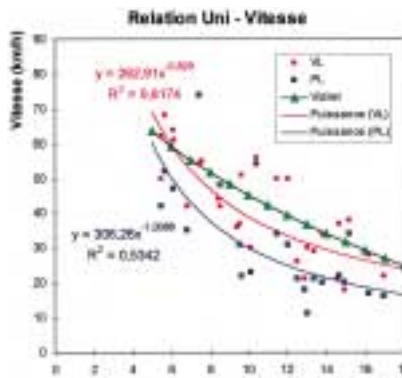
Tous types de tracés

- Les vitesses PL donnent des résultats bien inférieurs à ceux des vitesses VL.

Stratification par le tracé

- Les coefficients de détermination obtenus pour les "bons tracés" sont largement satisfaisants.

Routes non revêtues seules



Routes revêtues et non revêtues



Fig.10/11. Sur ces graphiques figurent deux courbes de tendance : une régression linéaire et une régression en puissance (la loi retenue pour HDM est du type Vitesse = a*Uni-1).

Les résultats obtenus sont encourageants :

- coefficients de détermination intéressants,
- régression en puissance très proche de la régression linéaire,
- la relation en puissance présente un exposant proche de l'exposant -1 de la littérature HDM.

La prise en compte en continuité de la totalité de la gamme revêtu/non revêtu conserve **une qualité d'ajustement** très proche des bons résultats obtenus sur les seules routes non revêtues.



SOURCE : questions classiques

Vitesse et sécurité : "baser l'évaluation de la performance des réseaux sur la vitesse, cela ne porte-t-il pas atteinte à la sécurité routière ?"

Il n'en est rien. En effet :

- On mesure ici la vitesse courante de circulation, c'est-à-dire le faisceau des vitesses spontanément adoptées par un échantillon de conducteurs pris dans les conditions ordinaires. La mesure n'influe pas sur leur vitesse. Au contraire tout l'art de la mesure, c'est de ne pas influencer sur le phénomène mesuré.
- La méthode SOURCE inclut l'écrêtement des vitesses à 90 km/h : le véhicule de flottement n'a pas le droit de dépasser cette vitesse, la strate haute des vitesses des échantillons est ainsi systématiquement gommée. Donc les indices SOURCE n'accorderont ni bonus aux pays qui relâchent leur politique de sécurité routière ni malus à ceux qui s'en dotent.

Remarque : vu l'état général des réseaux et des parcs des pays considérés, les gammes de vitesses rencontrées sont plutôt basses (gamme de vitesse typique des pays développés : entre 80 et 150 km/h ; exemple de l'Afrique : entre 15 et 90 km/h). Cela ne signifie malheureusement pas que la vitesse n'ait pas d'effet sur la sécurité.

L'indice n'a pas d'effet sur la grande vitesse et la grande vitesse n'a pas d'effet sur l'indice.

Vitesse et... limitations de vitesses ?

- L'incidence sur la mesure SOURCE des limitations de vitesse, ponctuelles

ou généralisées, est pratiquement neutralisée par l'écrêtement à 90 km/h.

Vitesse et profils nationaux ?

- Les premières séries de campagnes nationales permettront de fonder, si nécessaire, des règles de correction des vitesses brutes au plan national, pour gommer l'influence des profils nationaux (types de conduite et état des parcs), ceci sur la base d'échantillons-témoins réglés en état de surface et en rectitude. Ce phénomène de profil national, qui s'est avéré marginal en 1ère analyse, reste repérable, bien mesurable et aisément correctible.

Vitesse et tracé : "D'accord, les vitesses reflètent l'état de la chaussée, mais aussi son tracé. Dans quelle mesure néglige-t-on ou non l'effet du tracé sur les vitesses ?"

Le niveau de service effectif d'une liaison routière est en fait essentiellement déterminé par 2 caractéristiques géométriques de la route : la rectitude de son tracé (déclivité et sinuosité) et son état de surface. Chacun de ces 2 facteurs influe directement sur la perception collective du confort et de la sécurité, donc sur la distribution statistique des vitesses.

- **Problématiques où le tracé est un quasi-invariant : séries historiques sur la même liaison ou sur le même réseau.**

Pour un itinéraire donné, en dehors de

travaux très lourds, cas d'exception, le tracé est un invariant parfait (un entretien périodique ou une réhabilitation ordinaire, par définition, ne le modifient pas).

Par suite à l'échelle d'un réseau donné, la rectitude globale du réseau est un quasi-invariant a fortiori.

- **Problématiques où le tracé n'est pas un quasi-invariant : comparaisons de pays à pays**

La catégorie de véhicules la plus sensible aux effets du tracé (les poids lourds) est éliminée. Et pour l'effet sur la vitesse libre de la déclivité pure (pentes et rampes), les VL y sont pratiquement insensibles.

Il reste vrai qu'à état de surface égal, 2 liaisons prises isolément, différant fortement quant à la rectitude du tracé (déclivité et sinuosité), seront sensiblement décalées en gamme quant aux vitesses, même pour les VL. Mais vu la précision finale recherchée, on est fondé à considérer cet effet comme négligeable en première analyse, une fois ramené au niveau des indices nationaux, c'est-à-dire de réseaux entiers.

Approfondissements en cours

• **Disposer d'une abaque universelle Vitesse courante VL/Rectitude** permettra de s'affranchir de toute série de précautions mineures, particulièrement pour le travail à petite échelle. Les préalables méthodologiques sont déjà franchis : on sera bientôt en mesure de valider un indice standard de rectitude de type SOURCE, basé sur la fréquence kilométrique des "pertes de tracé" visuelles, et donc mesurable sur le terrain avec une productivité élevée.

• Cet indice de rectitude a ainsi été introduit à titre expérimental dans le dispositif SOURCE permanent établi à Madagascar (voir plus loin), l'objectif testé étant d'en tirer un **modèle de redressement des vitesses courantes VL, basé sur l'échelle de rectitude** : la vitesse SOURCE d'une section donnée pourrait ainsi être traduite systématiquement en "équivalent droit et plat", une vitesse virtuelle épurée de tout effet de tracé.

Une campagne-type

Profil-type d'une campagne nationale

Le test "plus qu'intégral" conduit au Ghana permet de visualiser le profil d'une campagne SOURCE à l'échelle d'un pays.

Près de 6500 km ont été mesurés par 2 équipes locales en un peu moins d'un mois de campagne de terrain. Compte tenu des aménagements de la méthode introduits depuis lors (dégageant de nouveaux gains de productivité), une campagne SOURCE nominale (réseau de référence de 3 800 km) au Ghana prendrait de l'ordre de 4 semaines pour une seule équipe.

Au Ghana, périodes improductives comprises (jours de repos : +20%), la productivité globale a été de 125 km de réseau mesurés par jour et par équipage.

La productivité nette d'un équipage de mesure s'établissait déjà à 150 km de réseau mesurés par journée de travail, pour 200 km parcourus.

Fréquence

C'est bien sûr au commanditaire d'une campagne SOURCE de déterminer le réseau à traiter, en fonction de sa problématique propre. Les réseaux de référence SOURCE, échantillons indispensables pour fonder des comparaisons croisées, correspondent de fait, en règle générale, au noyau dur des réseaux prioritaires définis par les autorités en charge.

La périodicité ordinaire recommandée pour les campagnes SOURCE à l'échelle nationale est **d'une tous les trois ans**. Cela correspond aux recommandations des instances spécialisées au plan mondial et aux standards en vigueur dans les pays développés, et bien sûr cela s'accorde aussi aux cycles d'évolution classiques d'un grand réseau.

Évolutions du réseau de référence

Le réseau de référence initial SOURCE, pour un pays donné, de 3 ans en 3 ans, peut évoluer à la marge (intégration d'itinéraires neufs, sur-

classement ou déclassement de certaines liaisons...). En préalable au lancement d'une campagne SOURCE, intervient donc un exercice simple d'actualisation ou de vérification du réseau de référence.

Combien ?

L'expérience du Ghana nous fournit encore là des bases éprouvées pour évaluer les coûts directs de terrain de la mesure SOURCE.

À 2 USD du km, on atteint le niveau-plancher technique qui s'impose à toute méthode à base de parcours au sol du réseau. Ceci en considérant des véhicules de location aux conditions africaines, plutôt prohibitives.

Économie de la campagne expérimentale Ghana

Coûts de terrain	USD	USD au km net mesuré	Prévisions initiales
• 64 j location 4x4 avec chauffeur	7 040	1.09	1.23
• carburant (pour 9100 km)	1 067	0.16	0.26
• petits équipements	350	0.05	0.05
• 64 j charge personnel	4 800	0.74	0.88
TOT	13 257	\$2.04	\$2.42



Développement et dérivés de SOURCE

Lignes d'action

La stratégie pour la diffusion de l'outil SOURCE, maintenant prêt à l'emploi, comporte 4 axes :

- **Lancer le dispositif d'observation systématique sur les pays d'Afrique subsaharienne** pour répondre à ce besoin généralisé de suivi, exprimé autant par les bailleurs que par les pays et les instances régionales.
- **Pousser les jeunes ou nouveaux fonds routiers, les agences ou administration routières** des pays en développement à adopter SOURCE comme outil principal de suivi de résultats, sur une base généralement annuelle.
- **Diffuser largement la méthode SOURCE** auprès de l'ingénierie (bureaux d'études internationaux et locaux ; réseaux professionnels ; organes de formation ; etc.).
- Mettre en place **un label de qualité SOURCE** pour les campagnes de mesure d'initiative locale (une procédure de certification sur une base volontaire, liée au mode de contrôle de qualité externe souscrit).

Ce tableau illustre le budget d'un tel dispositif (un observatoire virtuel, il n'est aucun besoin d'une structure permanente). Il ne s'agit que d'une maquette. De nombreux aspects ne sont pas considérés, parmi lesquels, la réduction très sensible du linéaire qui s'imposera du fait des zones d'insécurité. Rappelons simplement que 40% de la superficie du continent africain est considérée comme touchée par des désordres de type guerre ou guerre civile, toutes zones sur lesquelles l'évaluation des routes, en tout cas par la méthode SOURCE fondée sur le trafic effectif, n'aurait aucun sens.

Le dispositif africain d'observation systématique

Selon la méthode des réseaux de référence, l'application à l'Afrique subsaharienne (49 pays) engloberait 134 000 km de routes principales (à évaluer systématiquement tous les 3 ans).

Ce grand réseau de référence inclut 41% de routes non revêtues, la gamme recouverte descendant jusqu'à des niveaux de trafics inférieurs à 10 véhicules légers par jour et par sens.

Le dispositif, ainsi consolidé à l'échelle continentale, permettra bien sûr **le suivi des grands axes routiers à vocation transnationale**, un enjeu montant, de plus en plus appréhendé par les instances œuvrant à l'intégration économique des sous-régions.

L'étape à venir serait donc le **lancement de 2 cycles de suivi de 3 ans, incluant une tranche optionnelle.**

Le dispositif de suivi, intégralement sous-traité, comporterait 2 missions bien distinctes :

(a) coordination générale des opérations, responsabilité intégrale des campagnes de mesure et contrôle de qualité interne.

(b) contrôle de qualité externe et approfondissement de la recherche (sur la base du corpus de données de terrain en forte augmentation).

Le coût d'objectif total est donc de 175 000 USD par an, soit une moyenne de 10 900 USD tous les 3 ans par pays traité.

Observatoire SOURCE Afrique subsaharienne	Cycle 48 pays sur 3 ans	Tranche annuelle (16 pays par an)	Volume pour un pays moyen (une fois tous les 3 ans)
Linéaire à mesurer	134 000 environ, dont 41% non revêtus	44 700 en moyenne	2 800 Fourchette : 150 km à 18 000 km
1. Coûts de campagne (terrain)			
Location 4x4 + chauffeur	\$131 000	\$44 000	\$2 750
Carburant + maintenance	\$22 000	\$7 300	\$460
Charges personnel	\$100 000	\$33 100	\$2 070
Divers	\$15 000	\$5 000	\$310
Sous-Total 1 :	\$268 000	\$89 400	\$5 600
soit au km mesuré	\$2.00	\$2.00	\$2.00
2. Coûts de campagne (bureau d'études)			
Coordination locale et ingénierie	\$116 000	\$38 700	\$2 400
Sous-Total 1+2 :	\$384 000	\$128 000	\$8 000
3. Coûts hors campagnes, coûts externes			
Supervision et contrôle qualité externe	\$115 000	\$38 300	s.o.
Coûts additionnels : diffusion, méthodologie, etc.	\$26 000	\$8 700	s.o.
TOTAL 1+2+3	\$525 000 sur 3 ans	\$175 000 par tranches annuelles de 16 pays	\$8 000 une fois tous les 3 ans
soit au km mesuré	\$3.92	\$3.92	\$2.87

N.B. tous chiffres arrondis, sauf coûts unitaires.

Adaptation à des problématiques spécifiques

La méthode SOURCE est suffisamment flexible pour s'adapter à des problématiques bien spécifiques.

Un suivi plus intense que le rythme triennal peut être requis dans certains cas ; des besoins particuliers peuvent conduire à adopter la fréquence d'une campagne par an, par exemple pour fournir des indicateurs objectifs de progrès dans le cadre de la mise en œuvre d'une réforme de la politique nationale d'entretien et de gestion de la route. Les fonds routiers, les agences ou administrations routières de certains pays, trouveront tout avantage à adopter SOURCE comme outil principal de suivi des performances des réseaux.

Le suivi encore plus fin de l'évolution d'une seule grande liaison (ou bien d'un sous-réseau spécifique, par exemple l'ensemble traité lors d'un programme de réhabilitation), est également possible par la méthode SOURCE : en-dessous d'un seuil de 150 km de linéaire, on retrouve simplement la qualité standard des résultats en multipliant d'autant les passes de mesure.

Un dispositif exemplaire :

*Le ministère des Travaux publics de Madagascar applique maintenant la méthode SOURCE tous les quinze jours selon un protocole de mesures légèrement adapté, pour suivre l'évolution, notamment en fonction de la saison, des temps de parcours courants et des trafics sur les trois itinéraires ultra-prioritaires du pays, constituant le réseau structurant, soit un linéaire de 1 850 km environ. Ce travail est opéré sur leurs trajets retour par les 3 patrouilles de vigilance spécialisées du MTP. Sur leurs trajets aller, tous les 15 jours depuis 6 ans déjà, à une cadence 5 à 7 fois moins rapide, elles relèvent, balisent et signalent aux subdivisions tous les dégâts nouveaux survenus et contrôlent leur prise en compte dans les délais fixés par une charte de qualité. **Les 2 outils viennent se compléter.***

Un outil de tous les jours : la méthode simplifiée

Pour le suivi du réseau au quotidien par le gestionnaire direct, on sait tirer de la méthode SOURCE des méthodes plus sommaires qui fournissent directement sur le terrain, sans formation particulière ni préparation aucune, des estimations "au vol" des vitesses courantes et des niveaux de trafic courants sur un itinéraire donné. Dans ce cas, il ne peut s'agir que de tirer des **ordres de grandeur** simplement indicatifs, qui caractérisent l'évolution de cette liaison (quelle que soit la saison considérée). Ces informations sont précieuses et quasi gratuites, mais sans qualité statistique suffisante. Elles n'ont rien à voir avec les standards SOURCE.

L'esprit de ces méthodes reste dans la lignée de la méthode SOURCE : plutôt des informations sommaires, immédiatement disponibles et accessibles à tout un chacun, d'une valeur limitée mais maîtrisée, que des informations optimales, jamais disponibles ou jamais fiables.

À titre d'exemple :

Évaluer au vol le niveau de trafic ? C'est facile...

Comptez pendant 10 mn les véhicules légers (VL) que vous croisez en roulant à vitesse normale. Si le total est N, l'ordre de grandeur du trafic journalier VL dans les 2 sens sur cette section est $80 \times N$ (en VL/jour). (voir justifications dans le CD-ROM SOURCE)

Si de plus, vous roulez vous-même en respectant le procédé du "véhicule flottant" en version simplifiée, votre évaluation est déjà très nettement améliorée.



La boîte à outils SOURCE : un CD-ROM en libre diffusion

Les outils de base suivants constituent la "boîte à outils" SOURCE. Ils figurent tous en versions anglaise et française dans le CD-ROM SOURCE, qui regroupe, en plus des notes méthodologiques détaillées, diverses contributions spécialisées et des pièces de référence utiles :

- **Le Manuel de mesure SOURCE, avec en annexes, les modèles suivants :**

- **fiche de saisie section,**
- **page de saisie section,**
- **fiche d'étalonnage...**

Le Manuel SOURCE existe également sous la forme d'un classeur demi-format (A5) composé de fiches à onglets, solide et pratique, conçu pour rester à demeure dans le vide-poches du véhicule de mesure pendant toute la campagne. Ce classeur fait l'objet d'une diffusion limitée.

- **Un logiciel de dessin et de visualisation des réseaux de référence : l'éditeurs de cartes SOURCE.**

Sous Excel. Il inclut une bibliothèque complète des réseaux de référence SOURCE des 48 pays d'Afrique subsaharienne et permet d'adapter ou de créer aisément son propre réseau, à partir de simples cartes routières scannées.

- **Le tableur de traitement des données SOURCE.**

Sous Excel. Les résultats après traitement peuvent être réintégrés dans le logiciel de visualisation pour la production de cartes standard illustrant vitesses et trafics à l'échelle du réseau, en version papier ou électronique (les versions électroniques sont interrogeables par simple cliquage).

Ces divers outils sont libres de tous droits d'utilisation et de reproduction pour tous usages, sous réserve des limitations de détail figurant dans la documentation du CD. Ces outils, sous les formes indiquées, ne peuvent être diffusés qu'à titre gratuit, sauf recouvrement éventuel des frais de port et de reprographie.

On se procure le CD-ROM à titre gratuit :

auprès du SSATP

Adresse électronique : ssatp@worldbank.org

Fax : (1) 202 473 80 38 [Washington, D.C., USA]

ou de l'ISTED

Adresse électronique : isted@i-carre.net

Fax : (33) 1 40 81 23 31 [Paris, France]

Zoom sur le manuel SOURCE

Testé sur le terrain pour une bonne qualité pédagogique, il est destiné au coordinateur de campagne, qui doit en maîtriser le contenu, et à chaque chef d'équipage, qui doit bien l'assimiler et savoir s'y référer.

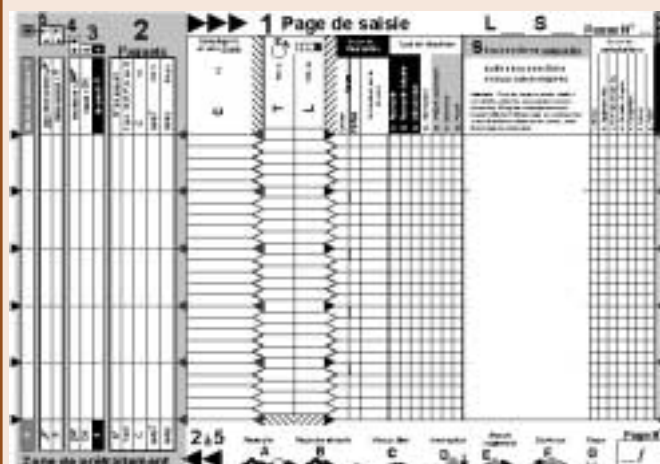
Il est conçu pour être disponible à tout moment dans le véhicule au cours de la campagne de mesure, pour vérifier un point de méthode, résoudre un cas d'exception, ou encore illustrer une explication donnée au chauffeur par le chef d'équipage.

Il offre un descriptif complet de la méthode depuis l'amont jusqu'à l'aval, avec les outils d'aide correspondants. À côté des principes de base et rappels théoriques minimums, il décrit la succession des phases d'une campagne nationale de mesures SOURCE, avec toutes directives utiles. Le tout en 3 parties :

- **La préparation de la campagne :** élaboration du plan de campagne / formation et entraînement des équipages / exigences du contrôle de qualité externe / plan d'étalonnage / les équipages et la logistique.

- **Les mesures sur le terrain :** principe général de la mesure / l'équipage et les usagers / protocole de base / difficultés liées à la poursuite des véhicules, au parcours et à la route, aux conditions de circulation, à la météorologie / schéma logique de prise en compte des perturbations / prétraitement des mesures / mesures à refaire.

- **Le traitement des données au bureau d'études :** vérification et validation / processus de report / édition des résultats finaux.





Spécimens de sorties graphiques SOURCE : en haut, le réseau considéré. En bas, la carte combinée vitesses/trafics VL.

SOURCE : le procédé pratique du flottement

Se reporter au manuel SOURCE pour les conditions requises, les consignes détaillées, le mode d'emploi des grilles de saisie et les limites de validité des résultats.

Résumé

Insérez-vous dans le trafic en suivant un premier véhicule léger (VL). À la première occasion (dès qu'un autre VL vous double - un lièvre - ou bien que le VL suivi double un autre VL - une tortue -), changez de véhicule suivi. Et ainsi de suite tout au long du parcours.

Ce mode d'opération fait de vous un "véhicule flottant" : à condition que le trafic soit resté fluide et pour un trajet suffisamment long, votre propre temps de parcours sera directement une estimation statistique du temps de parcours moyen des VL.

Ce temps de parcours moyen est l'indicateur le plus parlant pour les usagers. L'expert, lui, préférera raisonner sur la vitesse correspondante (la vitesse "courante").

Quatre règles de conduite additionnelles, en se superposant à ce protocole de base, permettent d'améliorer la qualité des résultats :

- l'alternance obligatoire lièvre-tortue,
- le plafonnement à 90 km/h,
- la limitation des séquences de base à 15 mn,
- les temps d'attente dégressifs en cas de trafic nul.

Vous effectuez simultanément le comptage du trafic apparent des véhicules légers arrivant en sens inverse.

Du fait du calage de votre propre vitesse sur la vitesse courante des VL, le niveau de trafic apparent des VL est exactement le double du niveau de trafic réel (celui que constaterait un observateur immobile).

1 Le protocole de base

- N'opérez qu'en saison sèche, aux jours et heures ouvrables, sans intempéries.

- Peu importe votre sens de parcours.

- Votre vitesse, elle, découle du protocole lui-même.

- Ne prenez en considération QUE les "véhicules légers" (VL). Ignorez tous les autres véhicules, par exemple les camions ou les 2-roues.

- Et maintenant, procédez ainsi :

Compteur à zéro, démarrez derrière le premier VL qui arrive dans le bon sens, tout en déclenchant le chronomètre.

Ensuite, quand vous rencontrez un nouveau VL roulant dans le bon sens, changez de cavalier (c'est-à-dire de VL suivi) tout en notant temps et kilométrage. Chaque "poursuite" s'effectue en maintenant une distance raisonnable (en général 50 m) : il ne faut pas inquiéter le VL suivi ni influencer sur son comportement, mais il ne faut pas non plus le perdre.



C'est la base du flottement. En fait les choses sont un peu plus compliquées.

2 Les 4 règles additionnelles

2a. La règle de l'alternance "lièvre-tortue"

Vous devez suivre tour à tour une tortue puis un lièvre. Jamais deux lièvres ou deux tortues de suite.

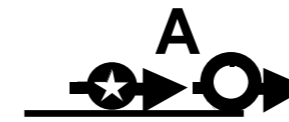
Une tortue est un VL qui se fait doubler par le VL que vous êtes en train de suivre. Un lièvre est un VL qui vient le doubler.

Le 1^{er} VL suivi est considéré comme neutre (ni lièvre ni tortue). Le 2^{ème} VL suivi sera soit lièvre soit tortue, selon qu'il a doublé le neutre ou que le neutre l'a doublé.

Quand vous suivez une tortue, si la tortue suivie double une super-tortue, ignorez la super-tortue puisque c'est un lièvre que vous recherchez (de même pour les super-lièvres si vous suivez déjà un lièvre).

3 Les 8 types de séquences

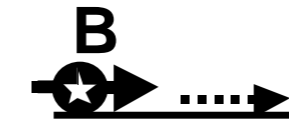
À tout moment du parcours, une séquence est en cours. Les séquences se succèdent jusqu'à la fin du parcours, de même type ou de type différent (parmi les 8 types récapitulés ici).



Poursuite

Vous suivez une tortue, un lièvre ou un VL neutre.

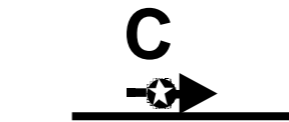
Maxi : 15 mn



Poursuite virtuelle

Vous avez dû laisser filer un VL trop rapide. Vous ne poursuivez plus qu'un VL virtuel roulant à 90 km/h.

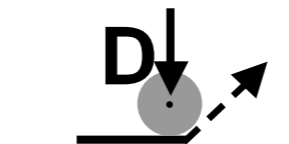
Maxi : 15 mn



Solo

Faute de trafic, vous avancez seul, sans suivre personne, à la vitesse la plus adaptée.

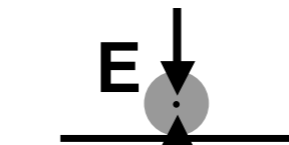
Maxi : 15 mn



Attente VL

Vous arrêtez la mesure et vous stoppez. Vous attendez le prochain VL.

Maxi : 15 / 10 / 5 / 5...



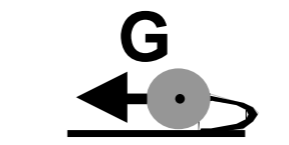
Station

Vous stoppez et vous patientez sur place jusqu'au retour de conditions de mesure correctes.



Saut

Vous suspendez la mesure tout en continuant à progresser jusqu'à retrouver des conditions de mesure correctes.



Demi-tour

Après arrêt de la mesure, vous retournez en un point donné pour y reprendre la mesure (tout de suite ou après une station).



Pause

Après arrêt de la mesure, vous faites tout ce que vous voulez, avant de reprendre la mesure au point de l'arrêt.

4 Le comptage du trafic

Comptage de trafic et mesure de vitesses marchent ensemble.

La mesure des vitesses n'est active que pendant les séquences des 3 premiers types.

- ★ Aussi longtemps que la mesure des vitesses est active (séquences de type A, B ou C), on effectue simultanément le comptage du trafic VL apparent arrivant en sens inverse.

- Aussi longtemps que la mesure des vitesses est inactive (séquences de type D, E, F, G ou H), il n'y a pas non plus de comptage de trafic.

5 Le traitement des perturbations

C'est la "vitesse libre" des VL que l'on veut mesurer, c'est-à-dire leur vitesse spontanée sur cet itinéraire tel qu'il est, dans une circulation fluide en dehors de toute perturbation parasite : intempéries, trafic proche de la saturation, autres incidents. On veut également que le niveau de trafic reste représentatif, c'est-à-dire indemne de perturbation lui aussi.

Toute perturbation rencontrée, affectant vitesses ou trafics, ou les deux à la fois, rend la mesure suspecte (susceptible d'être invalidée). Selon le cas, on pourra procéder à un saut (progresser sans mesurer pour devancer le phénomène), ou effectuer une station (patienter sur place jusqu'à disparition du phénomène).

Les différents cas de figure et les consignes correspondantes sont décrits dans le Manuel.



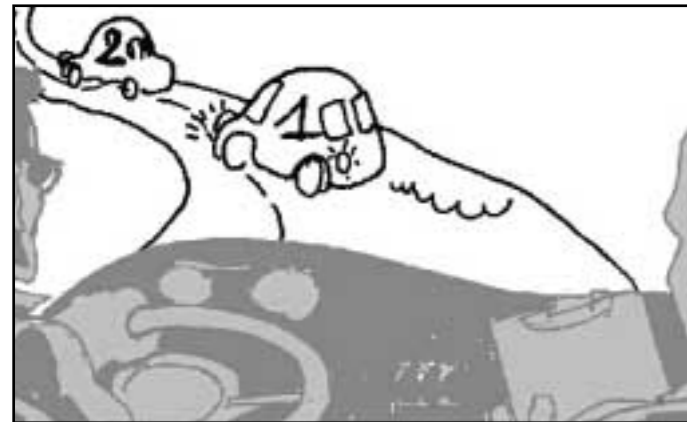
Lièvre, tortue ou bien neutre... comment se termine une poursuite ?
 En général par le début d'une autre poursuite.
 Tout d'abord DEUX CAS ORDINAIRES :

Comment se termine une poursuite ?
1^{er} cas ordinaire :

Vous suiviez un lièvre (le VL N°1). Il rattrape une tortue (le VL N°2).
 C'est très simple : qu'il la double ou non, cela ne change rien. Dès qu'il arrive assez près d'elle pour la doubler, "oubliez le lièvre". C'est la tortue que vous suivez dès maintenant.

- Et donc, logiquement :
- Si le lièvre (N°1) double effectivement, tout de suite ou au bout d'un moment, ne doublez pas vous-même, puisque c'est déjà la tortue (N°2) que vous suivez.
 - Si le lièvre suit sans doubler, suivez vous aussi. C'est bien la tortue que vous suivez, bien qu'à distance pour le moment.
 - Si le lièvre (N°1) se laisse finalement distancer, doublez-le pour ne pas perdre la tortue (N°2), car c'est bien elle que vous suivez.

Même chose si le VL N°2 est un neutre au lieu d'un lièvre.



Autrement dit : **Les tortues comptent dès qu'on les rattrape, avant même d'être doublées par les lièvres (ou les neutres).**



Comment se termine une poursuite ?
2^{ème} cas ordinaire :

Vous suiviez une tortue (le VL N°2). Un lièvre (le VL N°3) vous rattrape.



- **Si le lièvre vous double tous les 2 d'un coup, c'est très simple : doublez la tortue (N°2) à votre tour** pour ne pas perdre le lièvre (N°3), car c'est bien lui, le lièvre, que vous suivez maintenant. "Oubliez la tortue".
- **Par contre, si le lièvre s'intercale** pour un moment entre vous et la tortue, alors :

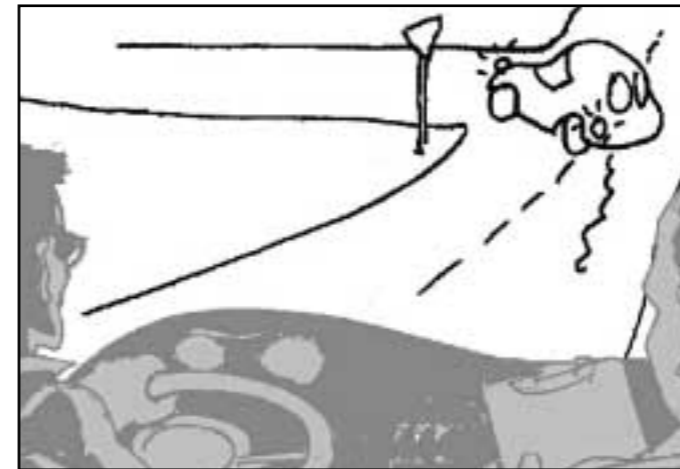


- **Tant qu'il n'a pas doublé aussi la tortue**, ne modifiez rien. Bien que vous soyez maintenant séparés, c'est toujours la tortue que vous suivez.
 - **S'il finit par doubler aussi la tortue**, alors "oubliez-la". C'est maintenant le lièvre que vous suivez. Vous aussi, doublez la tortue, dès que possible.
 - Mais si après s'être intercalé, **le lièvre se laisse finalement distancer par la tortue**, alors doublez-le pour rester collé à la tortue. Ce lièvre n'aura jamais compté pour vous, guettez le prochain lièvre.
- Même chose si le VL N°2 est un neutre au lieu d'une tortue.

Autrement dit : **Les lièvres ne comptent pas avant d'avoir doublé les tortues (ou les neutres).**

Comment se termine une poursuite ?
Un cas particulier :

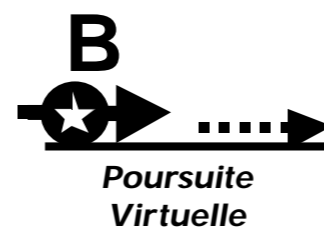
Si jamais le VL que vous suiviez se gare ou bifurque.
 Arrêtez-vous juste après, en notant temps et kilométrage. Attendez. Dès le premier VL qui passe dans le sens de la mesure, redémarrez à sa suite. Vous reprenez en fait la mesure interrompue et le temps d'arrêt ne sera pas pris en compte au final.
 Ce premier VL sera alors considéré comme neutre.



Comment se termine une poursuite ?
Deux cas de plus :

Les 2 règles qui suivent couvrent d'autres cas particuliers de fin de poursuite.

2b. La règle des «90 km/h»



Votre propre vitesse est limitée à 90 km/h.
 Si vous êtes censé prendre en chasse un VL qui roule à plus de 90 km/h, ou bien lorsque le VL déjà suivi accélère et dépasse durablement les 90 km/h, vous devez le laisser s'échapper et poursuivre votre route seul en réglant votre propre vitesse à 90 km/h. C'est devenu une "poursuite virtuelle".

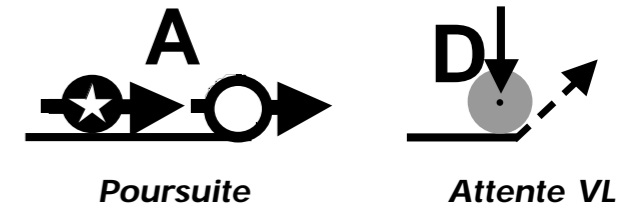
Comportez-vous alors comme si vous suiviez un VL fantôme roulant à une vitesse de 90 km/h. Ce "VL virtuel" conserve le statut (neutre / lièvre / tortue) du VL qui s'est échappé.

2c. La règle des «15 mn»

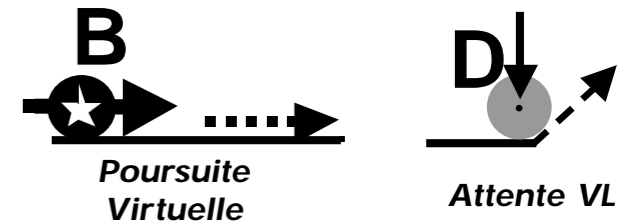
Les séquences de base (poursuite, poursuite virtuelle, solo, attente VL) sont limitées à 15 mn.
 Ainsi, en cas de trafic très faible ou nul :

- Si vous suivez un même VL 15 mn d'affilée, (faute de rencontrer un autre VL à suivre répondant aux critères lièvre-

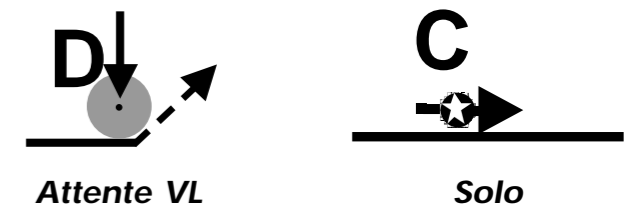
tortue) : **vous devez vous arrêter au bout des 15 mn** en le laissant filer, pour vous mettre en attente du premier VL à suivre. C'est une séquence d'"attente VL".



- S'il s'agit d'un "VL virtuel" : il faut compter dans ces 15 mn le temps de poursuite du VL échappé juste auparavant.

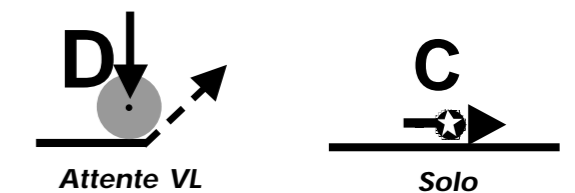


- Quand vous avez attendu à l'arrêt 15 mn sans aucun VL à suivre : redémarrez en "solo", c'est-à-dire seul, à la vitesse la plus naturelle pour un VL ordinaire compte tenu de l'état et des caractéristiques de la route. En "solo", vous ne devez jamais dépasser 90 km/h (règle des 90 km/h). Au 1^{er} VL rencontré, cette séquence de "solo" cède la place à une poursuite. À défaut, elle doit être interrompue au bout de 15 mn pour observer une nouvelle "attente VL".



2d. La règle des "15 / 10 / 5 / 5..."

Vos séquences d'"attente VL" (attentes à l'arrêt du 1^{er} VL à suivre) sont soumises en plus à une limitation de durée dégressive : 15 / 10 / 5 / 5 / 5 etc.
 Quand il n'y a aucun trafic VL dans le sens de la mesure, votre parcours est donc le suivant : **15 mn d'attente VL** - 15 mn en solo - **10 mn d'attente VL** - 15 mn en solo - **5 mn d'attente VL** - 15 mn en solo - **5 mn d'attente VL** - etc. Cet enchaînement attente/solo/attente/solo est interrompu dès qu'un 1^{er} VL se présente dans le bon sens, ce qui déclenche une séquence classique de poursuite.
 Si ce VL reste le seul, vous le laisserez filer au bout de 15 mn (règle des 15 mn) et vous reprendrez un nouvel enchaînement : 15 / 10 / 5 / 5 / 5 / etc.



Adopter SOURCE : grille de décision

1 Opportunité

1.1. SOURCE ? Pas SOURCE ?

• Contexte ? Besoins ?

- **Initiative** interne ? ou demande d'un "partenaire" ou d'un "client" ?
- **Inventaire critique** des outils actuels de suivi ou de gestion du réseau :

- Pour chaque base de données, ou pour chaque information critique :
 - Domaine d'emploi ?
 - Effectivité ?
 - Réseau couvert ?
 - Périodicité d'actualisation ?
 - Usages précis : suivi global de performances, pilotage stratégique, pré-programmation, programmation, pilotage de l'entretien courant ?
 - Agence gestionnaire de l'outil ?
 - Qualité/fiabilité ?
 - Coût ?
 - "Clients" ?
- Vue d'ensemble :
 - Centralisation et consolidation des divers outils ?
 - Lacunes, incohérences et zones de recouvrement ?

- SOURCE répond-il effectivement à un besoin critique non satisfait ?
- **Quelle place** dans un dispositif global d'instruments de suivi et de gestion ?
- **Quelle place** dans une stratégie d'amélioration progressive du mode de suivi et de gestion ?
- Y a-t-il consensus suffisant sur **le rapport avantage/coût** ?
- Dans quel **contexte** particulier s'inscrit ce bilan favorable : contexte d'un programme lourd à moyen terme ? d'une réforme ? de la mise en place d'un acteur nouveau ?
- Et d'ailleurs qui est prêt à financer, dans quel cadre, moyennant quelles contraintes ? de façon ponctuelle ou récurrente ?

1.2. Objectifs ? Cibles ?

Spécifications particulières ?

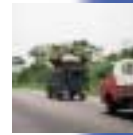
- Pour le compte de **qui** ? Pour apprécier l'efficacité de **qui** ? pour rendre compte de **quoi**, à **qui** ?
- **Quels usages directs et immédiats** fera-t-on des produits SOURCE :
 - comptes rendus d'opérateurs à "actionnaires" ?
 - dialogue entre partenaires ?
 - dialogue avec les usagers ?
 - information du grand public ?
 - suivi d'une politique particulière ou de l'efficacité d'une réforme ?
 - articulation directe avec des outils de suivi techniques ?
- Les informations produites par SOURCE **répondront-elles** au besoin initial ? à une partie du besoin ?
- **Quel réseau** traiter ? administré par un ou plusieurs gestionnaires ou opérateurs routiers ?
- Périodicité utile, techniquement et politiquement ?
- Vu ce cadre et ces spécifications, arrivera-t-on à tenir **les standards de qualité** SOURCE ? est-on bien **dans le domaine de validité** de SOURCE ?



2 Configuration

2.1. Chaîne de responsabilités ?

- Qui sera **responsable** ? qui interviendra aux divers niveaux ?
- **Initiative** interne ? ou demande d'un "partenaire" ou d'un "client" ?
- Répartition des rôles ?
 - Les fonctions...
 - exploitation et diffusion
 - gestion permanente de l'outil de suivi
 - conduite des campagnes de mesure
 - contrôle interne de qualité des campagnes
 - contrôle externe
 - ...sont-elles bien distinctes entre elles et bien séparées des responsabilités d'exécution de l'entretien ? suffisamment pour éviter des conflits d'intérêts ?
 - Si l'intention n'est pas de confier l'exécution des campagnes de mesure à des prestataires privés, pourquoi ? quel avantage ? pour qui ?



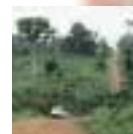
2.2. Dispositif opératoire ?

- **Périodicité** définitive ?
- **Volumétrie des campagnes** : combien de coordinateurs, d'équipes de mesures ? quels budgets à quelles fréquences ?
- En fonction des objectifs et contraintes particulières (temps, moyens, rendement, saison), faut-il ou non envisager des **adaptations** de la méthode ?
- Ces adaptations mettent-elles en cause **les standards de qualité** ?



2.3. Quel(s) dispositif(s) de contrôle de qualité associé ?

- Si l'intention est de se passer d'un contrôle externe, **pourquoi, quel avantage pour qui ?**
- **Finalement**, quels contrôles à quels niveaux et par qui ? rendant compte à qui ?
- Les dispositifs de contrôle, interne et externe, seront-ils en **position** de rejeter la mauvaise qualité, le cas échéant ?



3 Routines

3.1. Besoins et moyens de formation ?

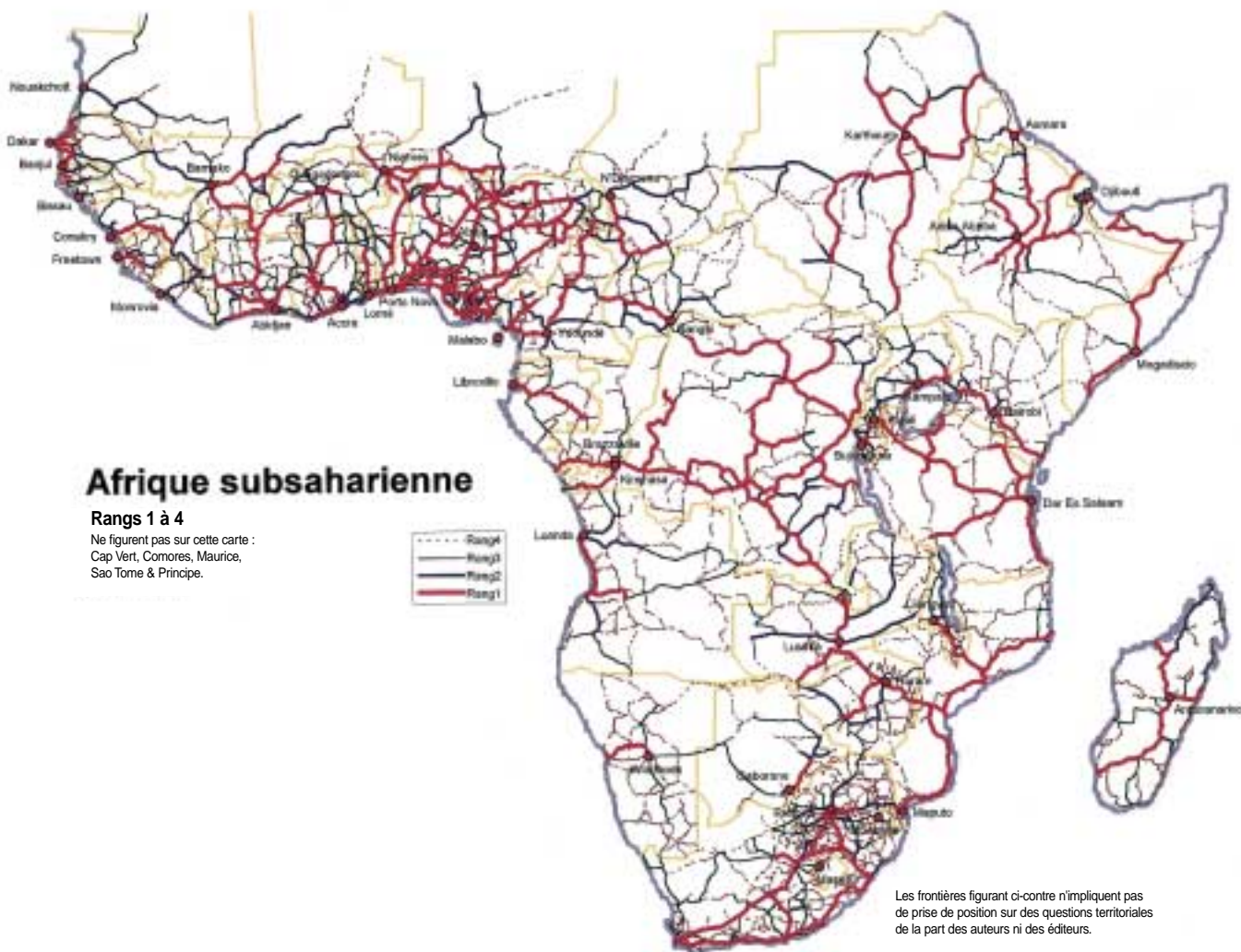
- Formation initiale (système d'accréditation ?)
- Remise à niveau à chaque campagne ?



3.2. Comment se donne t'on les moyens d'évaluer ce dispositif et de le faire évoluer ?

Cette grille de décision, donnée à titre indicatif, peut être employée comme une "check list" des questions à se poser au moment d'introduire SOURCE dans votre dispositif de gestion du réseau.

Elle peut également constituer un bon support de départ pour un atelier collectif d'analyse critique de l'ensemble d'un dispositif de gestion.



Assemblage des réseaux de référence SOURCE pour l'Afrique subsaharienne (liaisons de rang 1 et 2).

Remerciements

Ce document de synthèse est l'aboutissement d'un travail collectif développé sur près de 3 années, dans le cadre du projet SOURCE. Le projet SOURCE a été initié et conduit par l'IGR (Initiative de gestion de la route), composante du SSATP (Sub-Saharan Transport Policy Program), programme conjoint administré par la Banque mondiale en accord avec les différents bailleurs de fonds du secteur et les pays partenaires de l'IGR. Le projet SOURCE a été piloté par Louis Fernique.

Les plus vifs remerciements s'adressent :

- aux administrations routières des pays hôtes des expérimentations : le ministère des Travaux publics du Cameroun, la Highway Authority du Ghana, le ministère de l'Équipement de Guinée et le ministère des Travaux publics de Madagascar et aux différents partenaires et intervenants qui ont œuvré à la réalisation du projet :
- L'ISTED, chargé de la coordination : Jean-Philippe Lanet et Guy Poirier
- Le Laboratoire central des Ponts et Chaussées / Service des études et recherches internationales (LCPC/ SERI) : Paul Autret, Pierre Joubert et Claude Massonpierre, ainsi que les techniciens des Laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées : Marc Dumesnil Adélee, Jean Lefebvre, Yves Raynaud.
- Benoît Ninnin, consultant, économiste des transports.

Ainsi que :

- Les stagiaires de l'École nationale des Ponts et Chaussées (ENPC) à la Banque mondiale, AFTT2 (Afrique, Transports) : Seddik Spiga, Antoine Asfar et Salim Bouzebouk
- Les stagiaires de l'École nationale des Travaux publics de l'État (ENTPE) à l'ISTED : Charlotte Antoine, Alexandre Breuil, Julien Langlet et Julien Neltner.

Et spécialement :

- ABP Consult Limited, à Accra au Ghana, qui a réalisé la première campagne d'expérimentation à grande échelle, sous la direction de J.B. Asafo-Boakye.

Contacts

SSATP, IGR :

Adresse Internet : <http://www.worldbank.org/afr/ssatp>
E-mail : ssatp@worldbank.org
Fax : (1) 202 473 80 38
Adresse : SSATP, The World Bank, 1818 H Street NW,
Washington, DC 20433, USA

ISTED – Pôle route

Adresse Internet : <http://www.isted.com> - E-mail : isted@i-carre.net
Fax : (33) 1 40 81 23 31
Adresse : ISTED, La Grande Arche, Paroi Sud, 92055 Paris
La Défense CEDEX, France

Novembre 2000