

Dominique FLEURY

Catégorisation de scènes routières et sécurité : de l'analyse des accidents aux représentations typiques

I. Introduction

L'amélioration sensible de la Sécurité Routière telle qu'elle fut observée dans la deuxième partie des années 70, au cours de laquelle le nombre de morts en France passa de plus de 16 000 par an à 10 000, s'explique par la mise en place des grandes mesures de sécurité (vitesse, ceinture, casque, alcoolémie). Au début des années 80, il s'avéra nécessaire, pour pouvoir aller plus loin — ou tout au moins consolider les résultats —, de définir de nouvelles mesures susceptibles d'améliorer la sécurité. C'est dans ce but prospectif que l'Etude Détaillée d'Accident fut mise en place par l'ONSER (actuellement INRETS)¹ à Salon-de-Provence (Ferrandez et al, 1986). Il s'agissait d'intervenir sur les accidents en temps réel, c'est-à-dire en même temps que les secours d'urgence venant de l'hôpital, et d'effectuer un recueil des données approfondi par entretiens avec les impliqués et témoins, mesures des caractéristiques physiques de la chaussée, examens des véhicules et prises de photographies. Les dossiers ainsi constitués permirent un certain nombre de recherches thématiques.

¹ Organisme National de Sécurité Routière. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

Parmi les différentes phases de l'accident, la situation d'urgence fit l'objet d'une attention particulière à cause du très petit nombre d'études par le passé et de l'intérêt que certains dispositifs techniques de détection et d'action maintenant développés pouvaient présenter. Si l'on a pu montrer (Fleury et al, 1988) que 45 % des chocs en intersection auraient pu être évités grâce à une manoeuvre adaptée, il apparaît qu'une manoeuvre d'évitement n'est réalisée que par 57 % des usagers impliqués dans les accidents. Ceux-ci ont recours, dans la majorité des cas, au freinage (80 % des actions entreprises) qu'ils combinent ensuite (une fois sur deux) avec une manoeuvre de déport latéral. Le facteur le plus explicatif de ce comportement est une détection tardive et une mauvaise compréhension de la situation, que l'on peut lier à une non-prévision du problème que le conducteur va rencontrer. Le freinage est une manoeuvre automatique d'attente qui permet au conducteur d'analyser le problème et de rechercher les modalités de résolution adaptées. Après analyse, un évitement est alors parfois tenté ; malheureusement, cette manoeuvre est alors trop tardive et le blocage des roues interdit souvent toute modification de trajectoire.

De telles recherches montrent l'importance, dans la conduite automobile et pour la sécurité, de l'adéquation entre les attentes que le conducteur a pu induire de son environnement *avant* qu'une difficulté quelconque n'apparaisse dans son champ visuel, et la situation effective à laquelle il est confronté et qui peut dégénérer en accident.

La conduite automobile demande une adaptation aux diverses situations susceptibles d'être rencontrées. Cette activité a recours à une représentation structurée de la tâche, tâche qui consiste bien souvent à faire face à des situations critiques. Une telle situation routière (prise de virage, interaction avec un autre véhicule ou un piéton) et les procédures d'actions sont dépendantes du contexte dans lequel elles se situent. Il était naturel que la recherche en sécurité routière s'intéresse aux représentations mentales de l'environnement, à la catégorisation des sites

routiers, construites sur la pratique de la conduite et, en particulier, sur les incidents rencontrés par le passé, et auxquelles le conducteur expérimenté fait appel pour forger ses prévisions.

Parallèlement aux recherches psycho-ergonomiques (Malaterre et al, 1989) sur les comportements de conduite tendant à mettre en évidence les mécanismes organisateurs de cette activité par observations en situations réelles, expérimentations et simulations, un programme coopératif avec le Laboratoire d' Ergonomie Physiologique et Cognitive de l'E.P.H.E. s'est développé depuis plusieurs années. Il a permis une certaine appropriation des hypothèses de la Psychologie Cognitive sur les représentations mentales et l'organisation catégorielle, en particulier de recourir à des concepts qui devenaient ainsi opératoires pour des recherches finalisées comme les nôtres (Dubois, 1986 et 1991 ; Rosch, 1975 et 1976 ; Rosch et al, 1976, 1978) :

- la *catégorisation* comme reflet de la structure corrélationnelle du monde réel, mais en même temps de l'activité des individus, ici la conduite automobile ;
- l'*organisation hiérarchique* et l'existence d'un niveau base, niveau optimal entre la quantité d'informations à traiter et la nécessité de discrimination, permettant un fonctionnement mental au moindre coût cognitif ;
- la *typicalité*, puisque certains sites peuvent paraître plus ou moins typiques de la catégorie à laquelle ils appartiennent, donc plus ou moins faciles à être reconnus comme sites urbains, péri-urbains, de rase campagne...

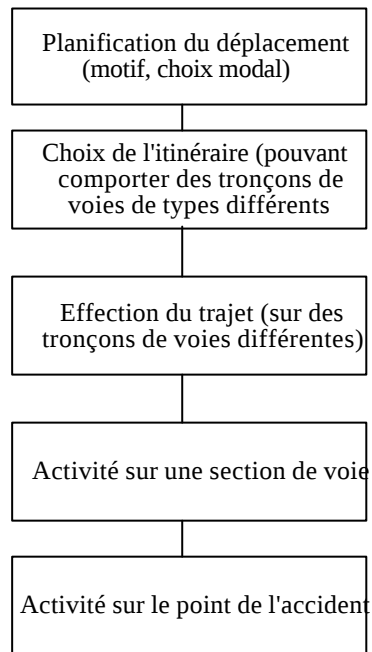
II. La convergence des préoccupations des analyses de sécurité routière et de la psychologie cognitive

Depuis les années 80, la politique gouvernementale en matière de sécurité routière s'appuie pour une grande part sur les initiatives et les

actions locales. Les Plans Départementaux d'Action de Sécurité et les Contrats Locaux d'Action de Sécurité ont été ainsi conçus pour inciter les collectivités locales à agir dans ce domaine. Malheureusement, de tels programmes se heurtent à la difficulté d'analyser suffisamment finement un grand nombre de données de façon à repérer les enjeux prioritaires, définir les actions appropriées, et en faire le suivi après mise en oeuvre. C'est pourquoi l'INRETS a entrepris une recherche sur les diagnostics locaux de sécurité en prenant un département (l'Eure et Loir) comme terrain d'analyse (Fleury et al, 1990). Nous nous référerons pour cette étude à un modèle simplifié, à visée opérationnelle, permettant la mise en référence des différentes étapes de l'accident avec les différents niveaux d'action de sécurité, envisageables par des responsables locaux (municipal, départemental, régional) (Asmussen, 1984 ; Fleury et al, 1986 et 1990).

L'étude de l'accident comprend différents niveaux. La procédure d'analyse habituelle part du choc pour remonter vers les déterminants amont, donc du bas vers le haut du schéma. Cet enchaînement obéit, d'une part, à une logique temporelle et causale puisqu'on analyse une suite d'actions et leurs déterminants et, d'autre part, à une logique hiérarchique, puisque les contenus des niveaux sont de nature différente et que chacun ne peut être analysé hors du contexte constitué par les niveaux antérieurs. Les niveaux d'intervention des gestionnaires des routes peuvent également être hiérarchisés et mis en correspondance avec ceux décrits précédemment.

*Hiérarchie des niveaux
d'analyse de l'accident
(analyse de la micro-régulation
effectuée par l'utilisateur).*



*Hiérarchie des niveaux
d'interventions des gestionnaires
(analyse de la macro-régulation
effectuée par les responsables
locaux).*

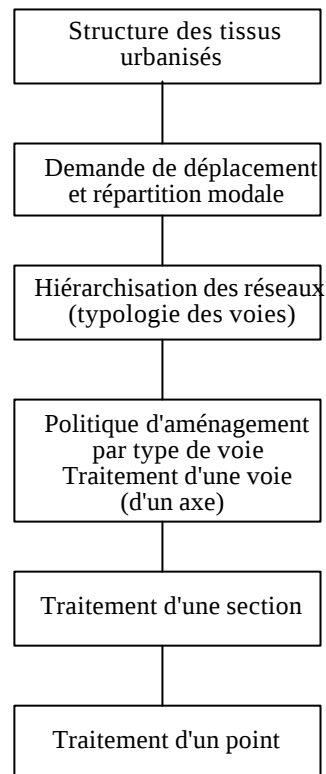
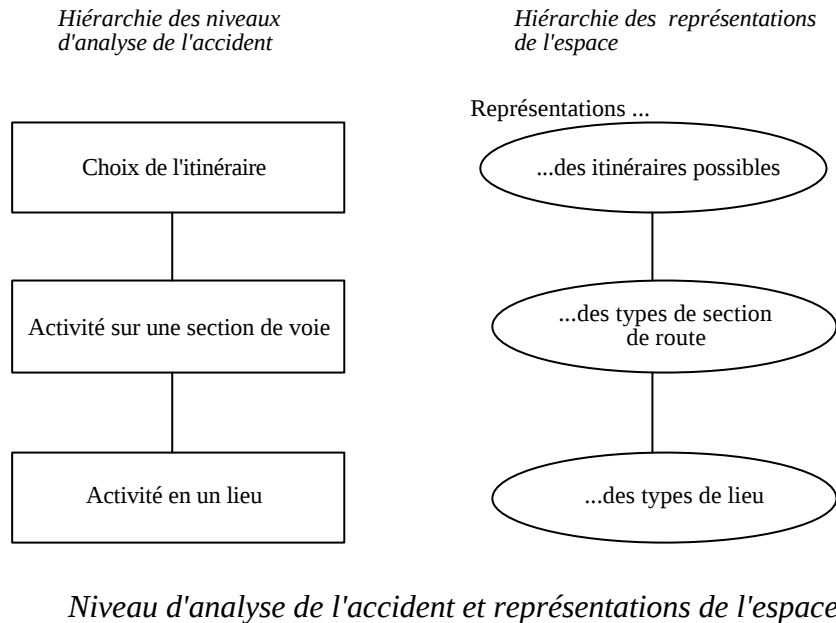


Schéma d'analyse de l'accident et de l'action de sécurité

Une telle démarche présente l'intérêt de faire correspondre l'analyse de l'influence de facteurs d'accident au niveau d'action qui lui correspond, et il permet surtout de faire apparaître certaines incohérences pouvant exister dans le système de circulation, et qui ont pu conduire à l'accident.

Les études diagnostiques ont souvent conduit à s'intéresser à ce que les usagers comprenaient des lieux qu'ils traversaient et des incohérences pouvant exister entre la réalité de ces espaces et les représentations

permanentes qu'ils pouvaient en avoir. L'objectif très opérationnel est alors de réduire cette incohérence ou d'en prévenir les usagers de la route.



Ainsi peut-on aider à la compréhension des activités des conducteurs en recourant à certaines hypothèses cognitives. Un usager choisit un itinéraire pour effectuer un déplacement en fonction de la représentation qu'il a de l'espace géographique et urbain, ainsi que des réseaux qui structurent cet espace. Lors du déplacement, il développe une activité correspondant aux images qu'il a des types de routes qu'il emprunte, ce qui détermine un niveau de vitesse pratiqué et ses stratégies de prise d'information. Enfin, en un lieu particulier, face à une situation donnée, l'activité développée se fonde sur des procédures, déterminés par les anticipations qu'il a pu construire, à la fois à partir des indices disponibles et des connaissances préalablement acquises.

Comme on fait l'hypothèse qu'il existe des niveaux dans l'analyse de l'accident, on distingue de même des niveaux dans ces représentations de l'espace auxquelles — pour la conduite — se réfère l'usager. En terme d'action ceci conduit à s'intéresser à la lisibilité d'un espace, d'une ville

par exemple (Dubois et Mazet 1988 ; Lynch, 1976), à étudier la lisibilité d'une section (Riemersma, 1987) ou la lisibilité d'un point (Mazet, 1991 ; Mazet et Dubois, 1987). Ces différents niveaux de lisibilité ne sont pas indépendants mais, comme précédemment, hiérarchiquement reliés. Ainsi aucune amélioration de la lisibilité d'un lieu ne peut être envisagée en faisant abstraction de l'aménagement de la section qui le contient.

Cet état de fait explique l'intérêt qui se développe actuellement pour l'analyse des principes d'aménagement des sections de route et de leur cohérence en vue d'améliorer la sécurité (Fleury et al, 1987 ; Mazet et al, 1987). C'est dans ce cadre que s'inscrit le programme expérimental sur les représentations mentales des sites urbains et ruraux traversés par des routes à faible trafic², présentée ci-après (Fleury et al, 1988 ; Fleury et Dubois, 1988).

III. Les expérimentations

Les méthodologie de diagnostic de sécurité avaient montré l'intérêt de "délocaliser" l'accident en recherchant, au delà des influences ponctuelles caractéristiques des lieux précis d'occurrence, celles des types de sections de routes qui faisait que des accidents se reproduisaient à l'identique sur un même tronçon homogène. C'est le recours à une telle hypothèse lors de l'étude des représentations permanentes des sites routiers qui a conduit à s'intéresser, dans un deuxième temps, à la catégorisation des sections de route.

1. La tâche

Pour vérifier les hypothèses de structuration des représentations mentales des sites routiers, plusieurs méthodes pouvaient être utilisées. Nous avons volontairement éliminé celles qui sont fondées sur les verbalisations des sujets, puisque la conduite automobile s'opère bien souvent comme une tâche automatisée, ne nécessitant pas d'échange verbaux avec d'autres partenaires. Les relations entre conducteurs ont recours à d'autres moyens de communication. De plus, l'apprentissage de la conduite s'effectue essentiellement en

² L'intérêt porté aux routes à faible trafic, en majorité des routes départementales, réside à la fois dans l'enjeu qu'elles représentent — de l'ordre de 40 % des tués — et du petit nombre d'études dont elles ont fait l'objet, comparativement aux autoroutes et aux routes nationales.

situation (et continue bien après l'obtention du permis de conduire), alors que l'apprentissage d'autres pratiques peut se faire par le jeu de la communication linguistique.

Nous avons donc proposé aux sujets de classer des échantillons de photographies de sections de route, choisies parmi des sites en Eure et Loir, en fonction de critères de conduite automobile, puis — dans un deuxième temps seulement — de commenter les groupes ainsi formés. Travailler sur des photographies lorsque l'on traite de problèmes de sécurité, ne semble pas, au premier abord, une méthodologie adaptée, tant il est vrai que l'on se coupe de la réalité du site lui-même ainsi que de l'activité finalisée qu'est la conduite automobile. Le conducteur, qui est ici le sujet, est passif, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de régulation d'actions : il n'accélère, ni ne freine. Tous les programmes moteurs sont évacués, ce qui a pour effet de privilégier les traitements cognitifs.

La conduite automobile est une activité essentiellement dynamique effectuée sous forte contrainte de temps. L'usager de la route anticipe donc régulièrement sur les situations critiques potentielles, ce qui explique l'intérêt accordé aux prévisions construites par l'usager au travers de l'interprétation qu'il a des types de lieux traversés, prévisions lui permettant de déclencher suffisamment tôt les procédures d'action adaptées. Ainsi est-il pertinent de s'intéresser aux représentations permanentes, en particulier par l'intermédiaire d'une tâche statique de classification de photographies.

Le but de ces expérimentations est, dans un premier temps, de rechercher l'existence de catégories à partir des variables de route, environnement immédiat et paysage. S'il existe des ruptures et donc des catégories, celles-ci sont inférables à partir du traitement des photographies ; elles peuvent donc être mises en évidence lors d'une expérience statique.

2. La consigne

Différentes consignes ont été testées dans une première phase. Une première consigne portant sur l'appartenance des sites à un même itinéraire a été rapidement abandonnée, car les sujets accordaient un poids trop important aux variables de chaussée (largeur, type de marquage, état du revêtement...). Une deuxième consigne a été écrite en terme d'analyse perceptive de l'environnement. Or la conduite est une activité finalisée, et l'objectif était de montrer l'existence de catégories de l'environnement routier forgées par la tâche de conduite. L'analyse perceptive non finalisée était réductrice par rapport à notre objet d'étude. Une autre consigne a été rédigée en terme de régulation de l'action. Elle prend en compte, la vitesse, le niveau d'attention, la perception du danger, la prise d'information, et devait conduire à demander "de classer les photos suivant les différents comportements sur les parcours proposés". Cette consigne a été testée lors d'une phase préliminaire à l'expérimentation définitive et il s'est avéré que les sujets en percevaient difficilement le sens. Les réponses se référaient généralement aux normes légales de vitesse (90 km/h, 60 ou 50 km/h).

La consigne finalement retenue, suite aux essais effectués, se référait aux types de problèmes pouvant survenir. Ce choix découlait des hypothèses prévalant à cette expérimentation liées à la prévision sur les difficultés éventuelles que l'utilisateur pourra avoir à résoudre. Lors de la pratique automobile, le sujet a pu rencontrer des difficultés en certains lieux particuliers, ce qui a pu lui servir de base pour structurer ses représentations de sections de route, adaptées à l'activité finalisée de conduite automobile.

3. *L'analyse*

L'analyse a été effectuée par des étudiants en Maîtrise de Sciences et Technique au Département Ergonomie de la faculté d'Orsay. Chaque sujet a été invité à classer 2 échantillons de 50 photographies, puis à commenter son classement. La première phase du traitement a consisté à déterminer les fréquences de cooccurrence des photographies prises deux à deux, puis d'appliquer un programme d'analyse booléennes et combinatoires de données sur la matrice de similitudes ainsi construite³. Ces méthodes conçues par J.-P. Barthélemy (Barthélemy et Guénoche, 1988 ; Barthélemy et Luong, 1986 ; Guénoche, 1986) sont des heuristiques inductives, ne nécessitant pas de références à des catégories connues a priori. De plus, les arbres valués permettent de mesurer la distance d'un exemplaire aux autres participants de la classe et ainsi d'en connaître le caractère plus ou moins typique.

Les regroupements sont représentés par des noeuds auxquels on attache une valeur d'agrégation. Elle constitue une évaluation de la valeur du regroupement, donc de la cohérence des classes. Cette notion de cohérence des classes s'évalue sur une échelle entre 0 et 1 :

- 0.9 à 1 : très significative,
- 0.8 à 0.9 : significative,
- 0.7 à 0.8 : peu significative,
- 0 à 0.7 : non significative.

Les résultats sont figurés par une représentation arborée radiale. La longueur des arêtes est représentative de la cohérence de regroupement des items. Au vu des résultats et des valeurs d'agrégation obtenues, il est possible de fixer un seuil de 0.9 pour représenter la cohérence des classes. Grâce à ce seuil se dégagent des regroupements de photographies qui constituent des classes cohérentes pour l'échantillon de sujets.

Compte tenu du choix initial de la tâche de classification, les données verbales n'ont été utilisées que comme un élément d'information supplémentaire sur les catégories formées par les sujets. Il a été possible de repérer les critères retenus majoritairement par les sujets pour constituer les catégories. Chaque classe a été analysée pour faire apparaître les caractéristiques physiques communes et les mettre en relation avec ce que les sujets

³ Ces programmes ont été réalisés par Guénoche et Luong.

mentionnaient. Les caractéristiques morphologiques des lieux sont ainsi corrélées aux problèmes de sécurité attendus.

IV. Résultats

1. Première expérimentation

La mise en oeuvre de ces expérimentations a porté d'abord sur deux échantillons de sites urbains et ruraux traversés par des routes à faible trafic (voir encadré n° 1). Chacun des 40 sujets a constitué des catégories de photographies. Pour l'échantillon urbain les sujets ont produit en moyenne 6,4 classes (écart-type de 2,4). L'analyse booléenne et combinatoire de données sur la matrice des cooccurrence des photographies a conduit à dégager 10 classes de sites urbains.

Première expérimentation

Classification de photographies de sites ruraux et urbains

Travail réalisé par Leroux D. et Moebs H., Maîtrise de Sciences et Techniques-Ergonomie Orsay, sous la direction de D. Dubois et D. Fleury. Mai 1987.

Le matériel :

2 échantillons de 50 photographies (format 9,5 x 14 cm) de sites ruraux et urbains traversés par des routes à faible trafic et pour lesquelles nous disposons de données sur les accidents et le niveau de circulation. Ne sont retenues que des sections de voies où aucune difficulté ponctuelle n'est visible, telle :

- place, intersection,
- virage, sauf s'il est lointain,
- élément de trafic.

La tâche

Le sujet est invité à classer les photographies en autant de catégories qu'il le souhaite et, dans un deuxième temps, de décrire chacune des classes qu'il a constituée.

La consigne

D'abord imaginer les problèmes qui pourraient survenir en ces différents lieux, puis classer les photographies en fonction des catégories de problèmes.

Les sujets

40 sujets ayant plus de 5 années d'expérience de la conduite automobile.

Figure 1

*Figure 2. Représentation radiale arborée de la matrice des similitudes
Première expérimentation
Classification de photographies de sites urbains*

A titre d'exemple quelques catégories obtenues sont présentées, illustrées par quelques-unes des photographies qui les constituent.

Classe A "Zone verte"

La densité de construction est faible, et il y a de la verdure, des jardins. L'agglomération de maisons individuelles enserrées de murs de clôture laisse prévoir des piétons. Le stationnement se pratique souvent à cheval sur l'accotement et la chaussée, ce qui est ressenti comme gênant. Ce type de stationnement, l'emprise étroite, l'absence de marquage, font que le croisement d'un autre véhicule est difficile. La visibilité réduite ne permet pas d'anticiper la séquence suivante. C'est la seule classe pour laquelle il est mentionné de ralentir.

Les accidents constatés en ces lieux impliquent les conducteurs effectuant des trajets de loisir, le week-end. Dans chacun de ces accidents se trouve au moins un usager riverain ; ils

impliquent tous un deux-roues. Ils montrent la difficulté ressentie par les usagers de ce genre de véhicule en ces lieux (virage, intersection sans visibilité, état de l'accotement...). Confrontés à ces scènes urbaines, les accidents sont cohérents par rapport à ce que mentionnent les sujets (gêne à la conduite, difficulté de positionnement, ralentissement). Par contre la présence possible de deux-roues n'est pas signalée ; ce genre de véhicule est pourtant régulièrement impliqué dans les accidents.

Virages	11 %
Problème de visibilité (maison, virage)	9
Agglomération, ville	9
Piétons	6
Problème croisement autre véhicule	5
Ralentir	4
Gêne des voitures stationnées	4

Eléments mentionnés par les sujets

Classe B "La ville"

Ces photographies illustrent des sites dont l'urbanisation est la plus dense de notre échantillon ; le caractère urbain apparaît fortement. Les piétons sont mentionnés, mais également les deux-roues. Le stationnement se pratique sur chaussée, ce qui pose des problèmes de croisement car les rues sont étroites. On remarque que les sujets interrogés ne mentionnent pas l'intersection. Cependant en ville, on observe que les accidents se produisent surtout en ces lieux.

Voitures stationnées	17 %
Agglomération	14 %
Piétons	8 %
Cyclistes, 2 roues	8 %
Problème croisement autre véhicule	8 %
Route étroite	8 %

Eléments mentionnés par les sujets

Classe C "L'entrée d'agglomération"

Cette classe est plus nombreuse (11 objets) et se différencie du reste de l'échantillon urbain sur la représentation arborée.

Ces sites supportent, dans un environnement de rase campagne, quelques constructions isolées (habitations, entrepôts, aéroport). Les sujets appellent ces lieux "entrées d'agglomération". Les problèmes évoqués sont liés à des usagers venant interférer sur une route de rase campagne. Il s'agit de piétons, de sorties de véhicules de voie privée. Les intersections sont ressenties ici comme problématiques, du fait, peut-être, de l'incertitude sur leurs caractéristiques (de rase campagne ? urbaines ?). Ces lieux sont décrits comme étant en proximité d'agglomération, mais avec un caractère encore fortement imprégné de rase campagne.

Ils sont souvent sur des routes à trafic élevé pour notre échantillon. Les trajets impliqués dans les accidents sont assez longs, pouvant expliquer les pertes de contrôle consécutives à certains facteurs déclenchants (alcool, fatigue). Les vitesses pratiquées en ces lieux sont élevées. D'autres accidents ont lieu en intersection.

Sortie de véhicule de voie privée	17 %
Habitat isolé, épars	17 %
Piétons	10 %
Intersection	10 %
Entrée agglomération	7 %
Route large, dégagée	7%

Eléments mentionnés par les sujets

Le deuxième échantillon de cette expérimentation, constitué de route à faible trafic traversant des sites de rase campagne, a été soumis aux sujets. Les classifications obtenues contenaient en moyenne 6,3 catégories (écart-type de 3,1). Le traitement statistique débouche sur 10 classes stables à partir de ces données.

La rupture apparaissant dans cette représentation est une distinction qui s'établit entre les routes sans signalisation horizontale et celles qui ont un marquage axial et de rive.

A titre d'illustration, quelques exemples de classes peuvent être présentées, ainsi que les verbalisations dont elles ont été l'objet.

*Figure 3. Représentation radiale arborée de la matrice des similitudes
Première expérimentation
Classification de photographies de sites ruraux*

Classe A "Une route bordée de bois"

Il n'y a pas ici de gros problème, la route est bonne ainsi que le marquage et la visibilité. On peut être gêné par des animaux ou un tracteur, un véhicule lent dont la présence s'explique par l'environnement. On relève, en un an, une perte de contrôle en ligne droite.

Pas de problème	17 %
Bonne visibilité	9 %
Ligne droite	8 %
Route bordée d'arbres	8 %
Animaux	8 %
Tracteurs, véhicules lents	8 %

Eléments mentionnés par les sujets

Classe B "Les sous-bois"

En ces lieux boisés, traversés par une petite route sinueuse, il y a un problème général de visibilité, qu'accentue la pénombre que laisse entrevoir les photographies. L'utilisateur ici mentionne la possible présence d'animaux et la difficulté à se situer sur une telle route, surtout en l'absence de marquage et en présence de réels problèmes de visibilité par profil en long.

Aucun accident n'a été observé en ces lieux en un an.

Problème de visibilité, pénombre	17 %	
Montée, faux-plat	14 %	Forêt,
arbres	8 %	
Pas de marquage au sol	8 %	
Difficulté à se situer sur la route	5 %	
Animaux	5 %	

Eléments mentionnés par les sujets

Classe C "Une petite route en Beauce"

Ces lieux sont les plus dépouillés de notre échantillon. Une petite route sans marquage traverse la Beauce toute plate. Les mentions faites portent sur la chaussée en mauvais état et sans marquage ne facilitant pas le maintien de la trajectoire (mais à quelle vitesse ?). L'environnement peut expliquer la présence de certains "usagers" comme des animaux sauvages, des vaches, des tracteurs... Aucune voiture ou camion n'est mentionné en ces lieux qui donnent une impression de vide.

Pas de marquage au sol	13 %
Chaussée en mauvais état	13
Difficulté à se situer sur la route	5
Ligne droite	5
Visibilité au loin	5
Animaux (sauvages, vaches)	5
Tracteurs	5

Eléments mentionnés par les sujets

2. Deuxième expérimentation

Les classes obtenues à partir de nos deux échantillons présentent des caractéristiques différentes. En effet, les catégories urbaines induisent une production verbale beaucoup plus riche que celles de la rase campagne. Pour ces dernières, peu de mots ont été cités, chacun apparaissant alors avec une fréquence relative élevée. Il semble donc que le niveau d'analyse auquel on se situe soit voisin du niveau de base dans le domaine urbain ; par contre, en rase campagne, on se trouve à un niveau fin de discrimination.

L'expérimentation suivante a été construite en conséquence sur un échantillon plus hétérogène de sites ruraux. Pour cela, l'échantillon rural précédent a été scindé en deux en appariant les photographies sur le critère d'appartenance à la même classe. A la moitié de cet échantillon sont ajoutées 25 photographies de routes à trafic plus élevé, jusqu'à des Routes Nationales à trois voies de circulation.

Parallèlement, une analyse en intensification des classes obtenues conduit à s'interroger sur les poids respectifs des indices routiers et des indices environnementaux par rapport à la tâche de conduite. Nous avons donc construit un échantillon de photographies en ajoutant à l'autre moitié de l'ancien échantillon rural la moitié de l'ancien échantillon urbain, obtenu

suivant les mêmes principes d'appariement. Cette expérimentation s'est déroulée selon les mêmes procédures que la précédente.

Deuxième expérimentation

Classification de photographies de sites urbains et ruraux.

Travail réalisé par Mallière C., Maîtrise de Sciences et Techniques - Ergonomie Orsay, sous la direction de D. Dubois et D. Fleury. Mai 1988.

Le matériel

- 25 photographies (format 9,5 x 14) de petites agglomérations issues du premier échantillon urbain complété de 25 photographies de sites ruraux sur routes à faible trafic.
 - 25 photographies de sites ruraux traversés par des routes à faible trafic complété de 25 photographies de sites ruraux traversés par des routes à trafic plus élevé (y compris des Routes Nationales à 3 voies de circulation).
- Mêmes critères de sélection que précédemment.

La tâche

Le sujet est invité à classer les photographies en autant de catégories qu'il le souhaite et, dans un deuxième temps, de décrire chacune des classes qu'il a constituée.

La consigne

D'abord imaginer les problèmes qui pourraient survenir en ces différents lieux, puis classer les photographies en fonction des catégories de problèmes.

Les sujets

40 sujets ayant plus de 5 années d'expérience de la conduite automobile.

Figure 4

La représentation radiale arborée de la matrice des similitudes construites sur l'échantillon mixte urbain et rural montre une construction de la classification hiérarchique avec un effet de chaîne.

L'effet de chaîne résulte du rattachement de tous les éléments les uns après les autres à un même noyau initial. On obtient ainsi des classes qui s'emboîtent jusqu'à recouvrir la totalité de l'ensemble soumis à l'analyse. Cet effet est généralement obtenu lorsque le critère d'agrégation favorise le regroupement à des classes nombreuses déjà constituées. C'est le

cas par exemple lorsque le critère est celui de la distance minimale à l'un quelconque des éléments d'une classe. Le principe de la méthode utilisée lors de ce travail autorise à éliminer l'effet d'un tel artefact. L'analyse des résultats permet d'expliquer cette représentation par l'ajout à chaque pas d'agrégation d'une classe de deux ou trois éléments à un même ensemble. A partir de routes de rase campagne avec un bon niveau de marquage, s'ajoutent les routes de rase campagne non marquées, puis les routes avec perte de visibilité. Plus loin s'ajoutent différentes classes de sites ruraux avec quelques constructions, l'agrégation s'effectuant selon la densité d'urbanisation. Un groupe de photographies en zone urbaine dense traversée par des routes marquées vient ensuite s'agréger, et enfin les zones à véritables caractéristiques urbaines traversées par des rues sans signalisation horizontale.

Figure 5. Représentation radiale de la matrice des similitudes

Deuxième expérimentation
Classification de photographies de sites urbains/ruraux

Le traitement statistique, complété de l'analyse des verbalisations des sujets, permet de conclure que les caractéristiques de la chaussée — nature du matériau, entretien du revêtement, présence et type de marquage — sont pris en compte prioritairement par rapport à celles de l'environnement urbain. Cela ne veut pas dire que la présence possible de piétons ou d'activités liées aux habitations ne soient pas prévisibles, puisque les sujets les mentionnent parfois. Mais le traitement de la voie autorise le conducteur traversant une ville ou un village à ignorer la réalité de la vie urbaine.

La deuxième partie de l'expérimentation portait sur un échantillon assez hétérogène de routes de rase campagne.

Figure 6. Représentation radiale de la matrice des similitudes
Deuxième expérimentation
Classification de photographies de sites urbains/ruraux

La représentation arborescente des analyses statistiques a conduit à distinguer une dizaine de classes, mais qui se regroupent à un niveau supérieur en quatre groupes bien repérables : les nationales à trois voies ; les routes considérées comme nationale à deux voies ; les routes départementales, qui ont à voir avec l'espace traversé, contrairement aux précédentes ; les petites routes servant à une desserte très locale.

L'introduction d'une hétérogénéité plus grande dans l'échantillon rural conduit donc à des résultats plus structurés du point de vue routier, mais également à des verbalisations plus riches. On peut donc penser que cette deuxième expérimentation permet d'obtenir des résultats plus proches du niveau de base des représentations mentales des conducteurs (Dubois, 1986).

V. Conclusions

Le recours à des hypothèses de psychologie cognitive sur l'architecture des connaissances permet à des ingénieurs, plus habitués à traiter les problèmes de sécurité de façon empirique et pragmatique, d'élargir leur champ d'investigation et, par là, leur possibilité d'action. Ainsi, au travers des analyses qui viennent d'être présentées, certaines caractéristiques de la route et de l'environnement sont systématiquement associées à des types de problèmes spécifiques ou génériques.

Sans peut-être parler de règles au sens strict, il est possible de parler de régularités dans les connotations que ce type de démarche est propre à faire émerger. Le tableau ci-dessous présente quelques exemples de régularités dans les prévisions, inférées par les sujets à partir du matériel photographique utilisé et que nous pouvons d'ores et déjà prendre en compte dans nos démarches pour améliorer la sécurité.

Suite à ces expérimentations, des conclusions peuvent être tirées sur la pertinence des hypothèses préalables :

Les représentations de sites routiers sont organisées en catégories, puisqu'apparaît une certaine stabilité des résultats qui semblent indépendants du contexte. En effet il est a priori permis de penser que la structure des classes constituées est dépendante de la consigne mais surtout de l'échantillon de sites photographiés présentés aux sujets. Ceci est bien sûr vrai, cependant les mêmes groupes de photographies apparaissent dans différentes expérimentations qui n'ont pas les mêmes niveaux d'hétérogénéité (première expérimentation en rase campagne et deuxième expérimentation en rase campagne). De même les photographies "mixtes" prises en rase campagne à proximité d'une construction et qui ont été qualifiées "d'entrée d'agglomération" par les sujets, forment un même groupe lors du traitement des deux échantillons (rural et urbain) de la première expérimentation. Cette stabilité des

résultats va dans le sens des hypothèses sur l'organisation catégorielle des connaissances sur les sites routiers

Régularités dans les connotations de l'environnement

La notion de typicalité se manifeste en même temps qu'une dénomination générique. Certaines photographies ou classes de photographies sont dénommées "routes départementales" ou "routes nationales" alors que d'autres classes, ne manifestant pas d'effet de typicalité, n'induisent pas une verbalisation de cette nature.

La question de la congruence entre problèmes potentiels et types de section de route apparaît bien comme importante dans une optique sécuritaire. Ainsi tous les accidents survenus sur les sites appartenant à la

classe que nous avons appelé "zone verte" impliquaient des deux-roues, alors qu'aucun des sujets n'a mentionné ce mode de déplacement qui est donc non prévisible en ces lieux.

D'un autre point de vue, l'interprétation de résultats de mêmes expérimentations effectuées sur des populations de sujets débutants et de sujets expérimentés pourrait montrer comment les connaissances sur les sites routiers et les risques qui leur sont associés se structurent au fur et à mesure de l'apprentissage de la conduite. Une telle approche permettrait également — selon nos hypothèses — de spécifier comment et sur quels indices la structuration des connaissances sur un objet connu mais non approprié par l'usage diffère de celle qui repose sur l'action, ici la conduite automobile.

A l'étape actuelle de nos investigations et pour des sujets expérimentés, les indices perceptifs "expliquant" les classifications sont, surtout dans le domaine urbain, difficiles à faire apparaître ; il semble bien que les sujets traitent ces photographies selon leur "air de famille" (Medin et al., 1987 ; Rosch et Mervis, 1975). Il est par ailleurs intéressant de noter que le niveau de trafic est un bon indicateur des classifications, alors que cette caractéristique est inconnue du sujet et qu'elle ne peut être qu'inférée de patterns d'indices perceptivement pertinents comme la largeur, l'entretien et le marquage. L'analyse intensionnelle des paramètres pertinents et des structures internes des catégories restent donc à explorer. De ce point de vue, le recours à des supports graphiques de plus en plus riches permet de modifier les combinaisons des modalités des différents traits utilisés pour coder les sites représentés. Des expérimentations sont en cours de réalisation, avec, à terme, l'utilisation d'images de synthèse.

Un tel travail mettant en collaboration les sciences cognitives, aussi bien la psychologie que les mathématiques, et les questionnements du terrain, nous a semblé nécessaire dans l'état actuel de développement de nos connaissances et de nos recherches. L'amélioration de la conception, de la gestion et de l'entretien des chaussées et de leur environnement en

vue d'une meilleure ergonomie routière fait très souvent appel à des démarches empiriques où excellent les techniciens qui ont la charge du réseau national et ceux des collectivités locales. Des concepts comme celui de "lisibilité de la route", à condition d'être scientifiquement définis, peut maintenant fonder des stratégies d'intervention permettant une adaptation plus sûre de la route à l'activité de tous ceux qui l'utilisent.

Dominique FLEURY
INRETS
Département Mécanismes d'Accidents
94114 Arcueil Cedex

Bibliographie

- ASMUSSEN E. (1984). *Programmes intégrés de sécurité routière*. Paris, OCDE, pp. 57-69.
- BARTHELEMY J.-P., GUENOCHÉ A. (1988). *Les arbres et la représentation des proximités*. Masson. Paris.
- BARTHELEMY J.-P., LUONG N. X. (1986). Représentations arborées de mesures de dissimilarité. *Statistiques et Analyses de données*, 11, 1, pp. 20-41.
- CANTOR N., MISCHÉL W., SCHWARTZ J. (1982). A prototype Analysis of Psychological Situations. *Cognitive Psychology*, 14, 45-77.
- D.S.C.R (1986) Appel d'offres "Lisibilité de la route", Ministère des Transports Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière.
- DUBOIS D., MAZET C. (1988). Représentations catégorielles d'espaces routiers. Contrat n° 114. Appel d'offres "Lisibilité de la route", Ministère des Transports.
- DUBOIS D. (1986). *La compréhension de phrases : la représentation sémantique et processus*. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Paris VIII.
- DUBOIS D. (1991) *Sémantique et cognition. Concepts, catégories et typicalité*. Edition du C.N.R.S., Paris.
- DUBOIS D., FLEURY D., MAZET C. (1991) Représentations catégorielles : perception et/ou action ? Publication de l'atelier PIRTTEM "Représentations pour l'action".
- FERRANDEZ F., FLEURY D., MALATERRE G., (1986). L'étude détaillée des accidents : une nouvelle orientation de la recherche en sécurité routière, *RTS*, 9-10.
- FLEURY D., DUBOIS D. (1988) Sécurité routière et représentations mentales de scènes urbaines. *Les annales de la recherche urbaine*, 40.

- FLEURY D., DUBOIS D. (1991). Catégorisation mentale et sécurité des réseaux. Sixième Conférence internationale sur les comportements de déplacement, Québec.
- FLEURY D., FERRANDEZ F., LEPESANT C., LECHNER D. (1988). Analyse typologique des manœuvres d'urgence en intersection. Rapport INRETS n° 62.
- FLEURY D., FLINÉ C., PEYTAVIN J.-F. (1986) Analyse spatiale de la sécurité du système routier. Application à une approche diagnostique sur le département de l'Eure et Loir. Rapport INRETS n°19.
- FLEURY D., FLINÉ C., PEYTAVIN J.-F. (1990) Diagnostic de sécurité sur un département. Application au cas de l'Eure-et-Loir. Rapport INRETS n°125.
- FLEURY D., LEROUX D., MOEBS H (1988). Catégorisation de l'infrastructure par l'usager et sécurité. (Analyse de sites urbains et ruraux sur routes à faible trafic). Rapport INRETS N° 69.
- FLEURY D., MAZET C., DUBOIS D. (1987). Road Safety Analysis and categorization of urban environment. Second International Conference on Road Safety, Groningue.
- GUENOCHÉ A. (1986). Représentation arborée des classifications. *RAIRO*.
- LEACH E. (1984). Anthropological Aspects of Language : Animal Categories and Verbal Abuse. In E.H. Lenneberg (ed.), *New Directions in the Study of Language*. Cambridge, Mass : M.I.T. Press.
- LEROUX D., MOEBS H. (1987). Analyse des représentations mentales de sites ruraux et urbains en Eure-et-Loir à travers la classification de photographies. Rapport MST Ergonomie, Université de Paris XI.
- LYNCH K. (1976) *L'image de la cité*, Paris, DUNOD.
- MALATERRE G. et al. (1989) Ergonomie routière. Synthèse INRETS n° 13.
- MALLIERE C. (1988). Une approche de l'ergonomie de la conduite automobile. Catégorisation d'un environnement routier. Rapport MST Ergonomie, Université de Paris XI.
- MAZET C. (1991). *Perception et action dans la catégorisation. Le cas de l'environnement urbain et routier*. Thèse de doctorat d'Université. Université de Paris V.
- MAZET C., DUBOIS D. (1987). Représentations catégorielles d'objets complexes : le cas du carrefour. *Actes Cognitiva*.
- MAZET C., DUBOIS D., FLEURY D. (1987). Catégorisation et interprétation de scènes visuelles : le cas de l'environnement urbain et routier. *Psychologie Française*. Numéro spécial : la psychologie de l'environnement en France.
- MEDIN D., WATTENMAKER W., HAMPSON S. (1987). Family Resemblance, Conceptual Cohesiveness, and Category Construction. *Cognitive Psychology*, 19, pp. 242-279.
- NORMAN D. (1981). Categorization of Action Slips. *Psychological Review* 88, pp. 1-15.

- RIEMERSMA J.B.J. (1987). *An empirical study of subjective road categorization*. Traffic Behaviour Research group Institute for Perception. TNO.
- ROSCH E. (1975). The Nature of Mental Codes for Color Categories. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 4, pp. 303-322.
- ROSCH E. (1976). Classification d'objet du monde réel : origines et représentations dans la cognition. In S. Ehrlich, E. Tulving (eds.). *Bulletin de Psychologie*, pp. 242-250.
- ROSCH E., LLOYD B.B. (1978). *Cognition and Categorization*. Hillsdale, New Jersey. Lawrence Erlbaum.
- ROSCH E., MERVIS C.B. (1975). Family Resemblances Study in the Internal Structure of Categories. *Cognitive Psychology*, 7, (4), pp. 573-605.
- ROSCH E., MERVIS C.B., GRAY W.D., JOHNSON D.M., BOYES-BRAEM P. (1976). Basic Objects in Natural Categories. *Cognitive Psychology*, 8, (3), 382-439.
- SCHANK R., ABELSON R. (1977). *Scripts, Plans, Goals, and Understanding*, Hillsdale (N.J.), Lawrence Erlbaum.
- TENIN A.(1988) Structure catégorielles d'environnements et critères de classification. Université Paris V. U.E.R. de Psychologie.
- TVERSKY B., HEMENWAY K. (1983). Categories of Environmental Scenes. *Cognitive Psychology*, 15, pp. 121-149.