

Modélisation de l'activité cognitive d'expertise et développement d'un système informatique d'aide à l'analyse des accidents automobiles

Marion Wolff
Jean-Claude Sperandio

Laboratoire d'Ergonomie Informatique
marion.wolff@univ-paris5.fr
jean-claude.sperandio@univ-paris5.fr
01 42 86 33 07 ; 01 42 86 20 74

Sylvie Després

CRIP5
sd@math-info.univ-paris5.fr
01 44 55 35 43

Université Paris 5
45, rue des Saints-Pères
75 270 Paris Cedex 06

RESUME

Cette étude a pour objet une modélisation des raisonnements de rédacteurs experts et novices en assurances automobiles, chargés de déterminer les responsabilités des conducteurs à partir de *constats amiables*. L'analyse des activités cognitives montre un processus d'identification de cas référencés dans une nomenclature-type et met en évidence des différences entre experts et novices. La modélisation informatique, fondée sur le Raisonnement à Partir de Cas, a conduit à l'élaboration d'un prototype de Système d'Aide à l'Analyse des Accidents (*S3A*). Si les experts semblent raisonner à partir de cas, ils pourraient également utiliser des règles ou une autre forme de raisonnement pour identifier les cas, en particulier pour les dossiers complexes ; c'est pourquoi plusieurs autres modèles de simulation sont suggérés.

MOTS-CLES : Ergonomie Cognitive, modélisation, Raisonnement à Partir de Cas, Système d'aide à l'analyse des accidents.

ABSTRACT

This study aims to create a computerized human reasoning model based on the reasoning of expert and novice car-insurance office workers responsible for identifying the (shared) responsibilities of car-drivers from accident reports (*jointly-agreed statement for insurance purpose*). The analysis of cognitive activities shows that the expert workers tend to use Case-Based-Reasoning (CBR) while the novices favor Rule-Based-Reasoning. The data-processing modeling relying on case-based reasoning led to the elaboration of an "Accidents Analysis Assistance System prototype" (*S3A*). Although the expert workers seem to use CBR, they also use rules or any other form of reasoning to identify cases, particularly for complex cases. This is why several other simulation models are proposed.

KEY-WORDS : Cognitive Ergonomics, modeling, Case-

Based Reasoning, Accidents Analysis Assistance-System.

INTRODUCTION

Le raisonnement expert fascine depuis longtemps, non seulement les psychologues, mais aussi les chercheurs en Intelligence Artificielle (IA). Ces deux disciplines (Psychologie/IA) ont des projets distincts mais s'enrichissent mutuellement (la première cherche à analyser, valider, les différentes formes de raisonnement, et la seconde à simuler le raisonnement via un système informatique). L'IA a introduit dans sa démarche des concepts empruntés à la Psychologie, et la Psychologie a su exploiter les techniques de l'IA pour élaborer de nouvelles méthodes d'évaluation, et même profiler des modèles de la cognition [9] [14]. La collaboration de ces deux disciplines a permis notamment de formaliser, d'explicitier, et de modéliser des raisonnements [3] [17] [18] [19] [23]. L'ergonomie tire également parti d'une collaboration mutuelle avec l'IA, soit pour élaborer des modèles dynamiques [21], soit pour optimiser des interfaces Homme-Machine ou des systèmes d'aides [20].

L'étude présentée dans cet article a été effectuée dans le cadre d'un projet de recherche¹ mené en collaboration par deux laboratoires, l'un spécialisé en Ergonomie cognitive et l'autre en Intelligence Artificielle. Elle a pour objet une modélisation du raisonnement de rédacteurs en assurance automobile (MAIF)², dont la tâche est d'identifier à partir de *constats amiables* différents types d'accidents et de déterminer les responsabilités des conducteurs des véhicules en cause. Cette modélisation a abouti à l'élaboration d'un système informatique d'aide à l'analyse des accidents, qui prend en compte le raisonnement de rédacteurs, confirmés et débutants, car le système doit pouvoir être utilisé, soit comme un outil de formation, soit comme un outil d'aide

¹ Projet Cognitique 2000, n° N21

² Mutuelle Assurances des Instituteurs de France.

aux expertises difficiles. De nombreuses études en Psychologie ont observé des différences marquées entre experts et inexpérimentés, pour ce qui concerne notamment : leur base de connaissances spécifiques, leur analyse du problème, leur utilisation de processus métacognitifs lors de la résolution, et leur habileté à appliquer les règles procédurales [2] [4] [5] [11] [22]. De son côté, l'Ergonomie cognitive a fait des différences entre experts et novices l'un des paradigmes courant de l'analyse du travail.

Modéliser est un terme polysémique et il existe de nombreux types différents de modèles. Dans la présente étude, un modèle descriptif des raisonnements des agents d'assurance a d'abord été construit selon une approche ergonomique classique d'analyse du travail, puis a été implémenté sous la forme d'un programme utilisant le « raisonnement à partir de cas ». Même si ce type de raisonnement n'est pas le seul à être utilisé par les rédacteurs, en particulier par les moins expérimentés qui recourent à des raisonnements à partir de règles. L'objet de cet article n'est pas d'établir une revue de questions sur le modèle théorique du raisonnement à partir de cas ou d'autres formes de raisonnements, une littérature abondante existant sur le sujet (voir par exemple [1] [12]), mais de présenter une application effectuée dans un contexte bien particulier, mise en œuvre pour répondre à un besoin du terrain : constituer une aide à la décision pour la détermination de responsabilités dans les accidents de la route.

SUPPORTS ET ANALYSE DE L'ACTIVITE DES REDACTEURS EXPERIMENTES

Un des problèmes majeurs dans le domaine de la modélisation est la nécessité de connaître précisément la nature du raisonnement mis en œuvre, en tenant compte, d'une part, de la situation dans laquelle le raisonnement s'effectue (accident complexe ou non) et, d'autre part, du niveau d'expérience du rédacteur (expert ou novice). Pour analyser des situations différentes, un expert peut raisonner différemment, et pour une même situation, un expert et un novice peuvent ne pas aborder le problème à l'identique. Pour accéder aux connaissances utilisées par un opérateur, expert ou novice, il est nécessaire de connaître son activité, à partir d'observations sur le terrain, puis d'effectuer ensuite une représentation de cette activité [13] [15] [21]. Dans le cas présent, nous avons étudié tout d'abord les supports de travail du rédacteur, puis analysé les étapes successives du raisonnement qui conduit à déterminer les responsabilités des conducteurs en cause dans un accident de la route. Les supports de l'activité des rédacteurs sont le constat amiable et un barème conventionnel. Pour l'analyse des constats amiables, dont le résultat implique une décision de la part du rédacteur quant aux responsabilités des conducteurs en cause, un raisonnement à voix haute a été privilégié, puis une analyse discursive a ensuite permis d'examiner ces différentes décisions en fonction de la complexité des accidents à traiter. La façon dont ces accidents seront

répertoriés pourra donner une piste ou non quant au raisonnement effectué. L'analyse des proximités de certaines situations amène-t-elle aux mêmes décisions, ou au contraire amène-t-elle à des verdicts différents ? En d'autres termes, ce raisonnement s'effectue-t-il en appariant des situations proches ou plutôt selon des règles qui peuvent varier en fonction des accidents à traiter ?

Le constat amiable

Un constat est scindé en deux parties comportant des demandes de renseignements identiques : une partie réservée pour le conducteur du véhicule A et une autre pour celui du véhicule B. Chaque automobiliste fournit les renseignements permettant son identification (nom, prénom, compagnie d'assurance, etc.), puis les *circonstances* de l'accident en cochant dans une liste proposée (par exemple : « roulait dans le même sens sur une file différente » ; « changeait de file » ; « doublait », « en stationnement », etc.). Il indique ensuite le *point de choc* concernant son véhicule sur un schéma pré-établi, et peut compléter ces renseignements par quelques lignes d'*observations* personnelles. Enfin, les deux conducteurs doivent élaborer un *croquis de l'accident* au moment du choc, puis signer le constat, s'ils sont d'accord.

Le barème conventionnel

L'identification de l'accident et la détermination des responsabilités s'effectuent selon l'application d'un barème conventionnel commun à la plupart des compagnies d'assurances. Cette convention indexe les différentes catégories d'accidents (13 *types d'accidents* ; chaque type est identifié par un numéro en référence à l'article du code de la route qui le concerne, avec un barème associé). Prenons quelques exemples, à partir d'une même situation initiale : deux véhicules roulent dans le même sens sur deux files différentes. Si un changement de file de l'un des deux véhicules est prouvé, cet accident sera identifié comme étant de *type 15*, et on déterminera 100% de responsabilités pour le conducteur qui a effectué le changement de file. Si, au contraire, on ne peut pas prouver un changement de file de l'un ou de l'autre conducteurs, ou encore si les deux changent de file en même temps, cet accident sera déclaré de *type 13*, et les responsabilités seront partagées sur la base de 50% pour chacun des véhicules en cause. Ou encore, s'il y a preuve qu'un des deux véhicules a franchi la ligne médiane de séparation des voies, à un carrefour par exemple, le rédacteur conclura à un accident de *type 17*, avec aussi un partage à 50% des responsabilités.

L'analyse de l'activité des rédacteurs expérimentés a été élaborée à partir d'observations sur le terrain et d'échanges avec des rédacteurs experts d'une délégation de la MAIF, et a ensuite été affinée et confirmée par des entretiens menés en contexte. Lorsqu'un rédacteur reçoit un constat, il étudie tout d'abord les renseignements administratifs fournis par les conducteurs, s'assure que le constat est signé par les deux parties (la signature constitue un acquiescement des faits), puis se reporte aux

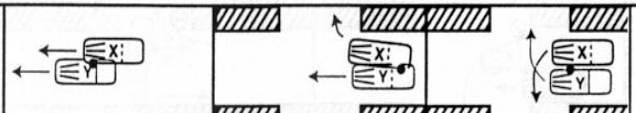
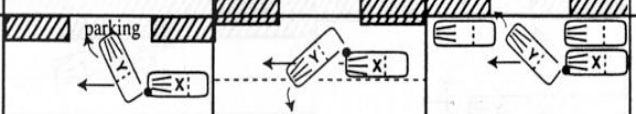
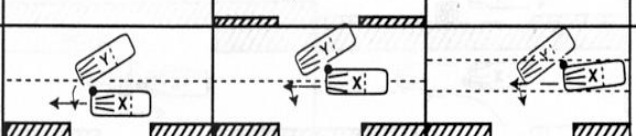
13	X et Y ne changent pas de file. X et Y changent de file.		1/2	1/2
15	Y change de file.		0	1
17	Y change de file et vire à gauche dans une chaussée latérale. X est présumé empiéter ou franchir l'axe médian.		1/2	1/2

Figure 1. Trois types d'accident (Types 13, 15 et 17) répertoriés selon le barème conventionnel : X et Y circulent dans le même sens sur deux files différentes.

circonstances de l'accident afin de déterminer les parts de responsabilités de chacun (pour une analyse détaillée de cette représentation, voir [25]).

Si certaines cases de la rubrique « circonstances » sont cochées, le rédacteur peut déjà se faire une idée précise du type d'accident ; il vérifie alors son premier diagnostic en étudiant le croquis, les observations personnelles des conducteurs, ainsi que les points de chocs des véhicules. Si aucune des cases proposées n'est cochée, le rédacteur se reporte respectivement aux croquis, observations, et points de choc, pour analyser les circonstances de l'accident. Il peut également se référer à d'autres indicateurs, tels que : déclaration des témoins (s'il y en a), plan de banlieue (pour comprendre l'infrastructure du lieu de l'accident), attestation de mairie (en cas de panne des feux tricolores, par exemple), verso du constat (qui n'est pas opposable à la partie adverse car c'est un élément uniquement communiqué à l'assureur du conducteur et non pas aux deux compagnies d'assurances impliquées), et tout autre élément pouvant avoir une utilité dans l'explication des circonstances de l'accident ; l'objectif étant d'identifier le type d'accident en référence à la nomenclature-type, et de déterminer la part de responsabilité de chacun des conducteurs.

Ces observations ont été complétées par des recueils de verbalisations en contexte concernant l'étude de constats. Ces verbalisations ont fait l'objet d'une analyse discursive, associée à une analyse géométrique des données (Analyse Factorielle des Correspondances : AFC).

METHODOLOGIE

Conditions de passation et sujets expérimentés

Une série d'entretiens a été menée auprès de 7 sujets-experts en délégation départementale. Ces sujets, tous volontaires, sont rédacteurs juridiques à la MAIF et ont suivi pour la plupart une formation universitaire en Droit. Il leur a été demandé de raisonner « à voix haute » sur des constats d'accidents, au préalable sélectionnés par leurs responsables (deux par personne, tous différents, soit 14 constats étudiés au total). Certains dossiers assez

complexes à analyser traitent de cas difficiles à maîtriser lors de la formation, dont la solution ne va pas de soi, même pour des rédacteurs confirmés (accidents de type 13, 15 et 17³). Ces trois cas sont difficiles à être différenciés parce qu'ils traitent au départ d'une situation analogue (les véhicules roulent dans le même sens et sur deux files différentes), mais les conclusions diffèrent quant aux responsabilités des conducteurs (entière responsabilité d'un des deux conducteurs ou partage équivalent des responsabilités entre les deux conducteurs). La figure 1 ci-dessus illustre ces difficultés. On constate en effet que les types d'accidents présentés sont très proches et peuvent se complexifier encore en fonction du lieu où ils se produisent (carrefour protégé ou non, rond-point, sortie de parking, couloir de bus, etc.) et selon les balisages indiqués ou non sur la chaussée (le conducteur a-t-il empiété ou non sur la ligne médiane, cet empiètement était-il autorisé ou non, etc.). Le rédacteur doit alors tenir compte de tous ces éléments pour parvenir à une décision. Moins il y a d'éléments signalés sur le constat et plus la décision s'avère difficile pour déterminer les responsabilités des conducteurs.

Chaque entretien a été effectué dans le bureau du rédacteur et a duré environ 40 minutes, les dix premières minutes étant consacrées à une prise de contact, lors de laquelle l'expert présente ses documents de travail et expose son activité générale. Il était ensuite invité à traiter les constats qui lui sont soumis. La consigne donnée était la suivante : « procédez comme vous le faites habituellement et essayez de penser à voix haute ». Chaque entretien a été enregistré sur bande magnétique avec l'accord du sujet, auquel l'anonymat a été assuré.

Analyse du discours des rédacteurs experts

Tous les discours experts étant homogènes (de style argumentatif, indiquant l'implication du sujet, et de durée équivalente), ils ont été réunis afin de constituer un scénario commun d'analyse à l'aide du logiciel Tropes

³ Rappel : les types d'accidents sont identifiés par un numéro renvoyant aux articles du Code de la Route, et le cas 17, assez rare, est l'un des plus délicats à traiter.

[10]. Le scénario est fondé sur un réseau de liaisons sémantiques existant entre les différents univers sémantiques de référence établis et évoqués par le locuteur, puis réorganisé selon le langage spécifique utilisé dans le domaine des assurances (langage *opératif*). De nombreuses études menées en Ergonomie ont déjà utilisé ce procédé pour analyser des verbalisations (voir [25] [26] [27]). Le scénario mis en place pour cette étude regroupe ainsi différents univers sémantiques évoqués par les locuteurs. Par exemple, l'univers « *Changement de file* » donné par le discours comprend les locutions « *changement de file* » et ses équivalents : « *a changé de file* », « *queue de poisson* » ; l'univers « *Partage de responsabilité* » est composé des équivalents « *moitié responsable* », « *part de responsabilité* », « *partiellement responsable* », etc.

A partir du scénario ainsi constitué, on a relevé ensuite pour chaque accident analysé le nombre d'occurrences correspondant à chaque univers retenu. Treize univers ont été définis⁴ et ont été associés à chacun des 14 accidents analysés par les 7 rédacteurs, à l'aide d'un tableau à double entrée (les 14 accidents sont en ligne et les 13 univers en colonne). Ce tableau a ensuite fait l'objet d'une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC ; pour un exposé théorique de la méthode, voir [16]; pour des exemples d'application, se reporter à [24]).

Deux « nuages » géométriques ont ensuite été élaborés : un à partir des 14 accidents-lignes et un autre à partir des 13 univers-colonnes. Trois axes ont été retenus pour cette analyse (77% de la variance prise en compte). Ci-après, la figure 2 illustre les deux premiers axes issus de l'AFC pour le nuage des 14 accidents. Ces 2 axes sont illustrés par un plan géométrique (nommé « plan 1-2 » dans la légende). Ces 14 accidents ont été repérés par les indices *a1* à *a14* et aussi indexés à l'aide du verdict final du rédacteur qui, après avoir raisonné sur le constat amiable qu'il avait à étudier, fait part du résultat de son analyse (exemples : accident de type 13 : « *c'est un cas 13* » ou accident de type 15 : « *c'est un cas 15* »,...).

Les encadrés indiquent les univers sémantiques les mieux représentés sur les axes 1 et 2. Ici figurent à droite les univers « *Changement de file* », « *Cas 15* », et à

⁴ Univers donnés par le discours : Croix, Croquis, Observations, Changement de file, Se rabat, Responsabilité, Partage de responsabilité, Cas 13, Cas 15, Cas 17, Même sens, Deux files, Convention.

gauche les univers « *Partage de responsabilité* », « *Cas 13* ». L'univers « *Croix* » (en bas) qui est évoqué lorsque le rédacteur fait référence aux cases cochées par les conducteurs lorsqu'ils remplissent leur constat amiable ; il est opposé à l'univers « *Cas 17* » (en haut).

L'axe 1 (horizontal) indique une opposition entre les accidents relevant du « *Cas 15* » (à droite sur le graphique) qui implique la responsabilité complète d'un des deux conducteurs suite à un changement de file et les accidents relevant du « *Cas 13* » (à gauche sur le graphique) qui implique un partage des responsabilités entre les véhicules.

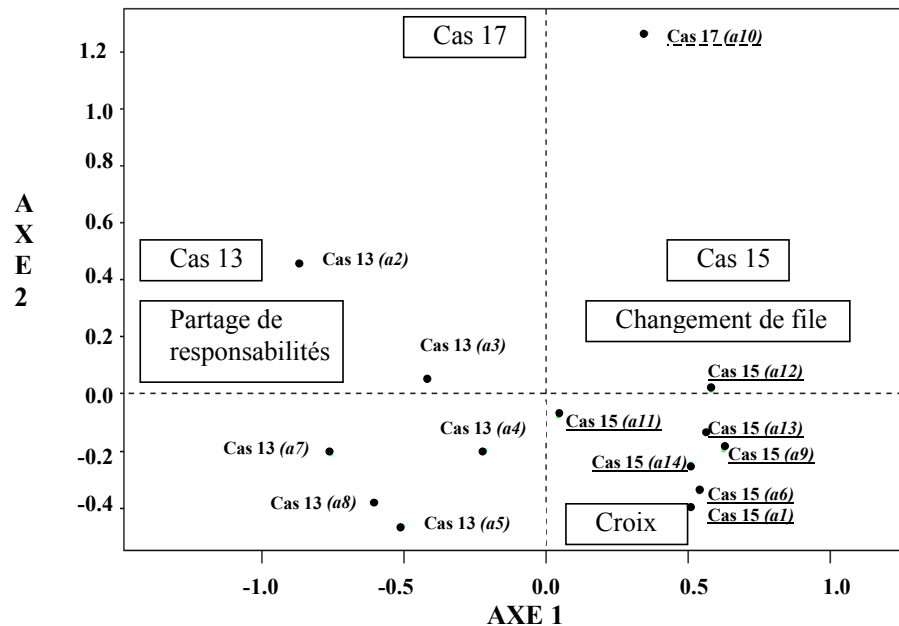


Figure 2. Nuage des accidents analysés en délégation et mise en correspondance avec les univers sémantiques évoqués ; Plan 1-2

Légende : les accidents soulignés (en bas à droite) représentent des « cas 15 », les accidents non soulignés (en bas à gauche) représentent des « cas 13 », l'accident en haut, à droite, sur le graphique, souligné en pointillés représente un « cas 17 »

L'axe 2 représente plus la complexité du raisonnement mis en œuvre lorsque le cas ne peut pas être résolu rapidement, à cause de l'absence de renseignements figurant sur le constat. Les croix ou cases cochées du constat (en bas sur le graphique) sont surtout utiles pour déterminer d'autres cas que le Cas 17 (en haut sur le graphique). En effet, ce cas spécifique et rare associe au changement de file de l'un des conducteurs, l'empiètement ou le franchissement de l'axe médian de la route par l'autre conducteur. Ces éléments doivent obligatoirement être prouvés sinon on ne peut pas les appliquer. Il semblerait que les croix ne peuvent pas permettre de déterminer ce cas à elles seules, et le rédacteur doit avoir recours à d'autres renseignements fournis par le constat, tels que le croquis ou les

observations des conducteurs.

Chacun des 14 accidents est bien apparié à un cas (pour cette étude : respectivement cas 13, cas 15 et cas 17), définis au préalable par le barème conventionnel. Ce fonctionnement est représentatif du Raisonnement A Partir de Cas (RàPC) qui, pour un domaine donné, associe des structures conceptuelles, représentées par des couples problème-solution [1]. Le mécanisme du RàPC est fondé sur la récupération d'une structure conceptuelle élaborée antérieurement (cas-source) pour l'adaptation à la situation du moment (cas-cible). Ce type de raisonnement a d'ailleurs été déjà observé en accidentologie pour une classification d'accidents de circulation routière [7] [8].

ANALYSE DU DISCOURS DES REDACTEURS NOVICES

Cinq rédacteurs novices, dont l'ancienneté varie de 1 mois à 6 mois, ont raisonné « à voix haute » sur un seul constat choisi (parmi les 14 constats précédents) pour sa difficulté, le rédacteur ne pouvant aboutir à la conclusion qu'après avoir effectué une analyse fine de la situation. Cet accident est un accident de type 13 (un « Cas 13 »), dont la conclusion est le partage des responsabilités, mais si le rédacteur omet certaines informations données par le schéma, il risque de conclure à un accident de type 15 (un « Cas 15 »), avec responsabilité d'un seul des deux conducteurs. Cette difficulté est typique du

« diagnostic différentiel » où, face aux mêmes données, plusieurs cas voisins sont candidats à l'unique bonne solution.

Chacun des 5 rédacteurs novices a raisonné à voix haute sur ce constat et les verbalisations ont été recueillies, comme pour les rédacteurs experts. L'analyse des résultats montre qu'un seul novice aboutit à la conclusion « Cas 13 ». Les quatre autres novices concluent à un « Cas 15 », mais précisent qu'ils auraient consulté leur « tuteur » pour confirmer ou infirmer leur choix. Le novice qui a abouti à la bonne conclusion est le plus avancé en formation (6 mois). Cette analyse laisse donc envisager que les novices, lorsqu'ils débutent leur formation, n'ont pas encore la possibilité de raisonner par cas, puisqu'ils ne disposent pas d'une expérience suffisante pour opérer des analogies, mais appliqueraient des règles apprises (par exemple : « si ce n'est pas l'arrière du véhicule qui a été heurté, alors j'élimine le cas 10, et je me reporte au croquis. Si le croquis indique un changement de file,

alors c'est un Cas 15 »).

DEVELOPPEMENT DU SYSTEME INFORMATIQUE D'AIDE A L'ANALYSE DES ACCIDENTS

Un Système d'Aide à l'Analyse des Accidents (S3A) a été développé à partir d'un support logiciel permettant de modéliser le raisonnement à partir de cas (logiciel *Kaidara*⁵). L'algorithme des Plus Proches Voisins (PPV) est utilisé pour la recherche des cas dans une base de cas constituée à partir d'archives, en tenant compte d'une pondération en fonction de leur fréquence. Une interface a été conçue pour les utilisateurs et évaluée, via une expertise ergonomique fondée sur des critères-types d'évaluation [6] [20]. Les résultats de cette évaluation ont montré que l'interface doit être plus proche du modèle de l'activité, respecter les étapes de traitement du rédacteur, effectuer une analyse par « familles d'accidents », améliorer l'explication des cas proposés, et fournir une aide à l'argumentation. Une seconde interface a été construite prenant en compte ces recommandations.

Depuis, le prototype a évolué vers un outil d'aide à la formation. En fait, le but reste d'aider les rédacteurs novices à prendre la bonne décision donc il se doit d'être un outil d'aide à la décision, mais il a également vocation à rendre les novices autonomes le plus rapidement possible. Il doit donc être conçu de manière pédagogique (voir Figure 3 ci-après) :

	Cas 13	Cas 15
Solution	Cas 13	Cas 15
Responsable	Sociétaire, Tiers	Sociétaire
Commentaire	Les deux véhicules circulent sur deux files différentes, sur la même chaussée et dans le même sens. La case 9 est cochée pour chacun et on ne peut prouver qu'il y a eu un changement de file. Le cas 13 est applicable à l'encontre des deux protagonistes.	La case 10 a été cochée pour le sociétaire et la case 9 pour le tiers. Le cas 15 est applicable à son encontre.
9_Soc	Oui	Non
9_Tiers	Oui	Oui
Constat signé des deux protagonistes	Oui	Oui
Désaccord de la part du tiers	Non	Non
Désaccord de la part du soc	Non	Non
Similarité	★★★★☆ 71 %	★★★★☆ 67 %

Figure 3. page-écran de S3A indiquant le résultat d'une recherche d'aide à la décision (le programme laisse la décision finale au rédacteur et n'indique qu'une probabilité)

⁵ Kaidara : 15 rue Soufflot, 75005 Paris, France. E-mail: info@kaidara.com

En cas de difficulté face à un nouveau constat, un novice n'avait aucune autre possibilité que de demander conseil à son tuteur qui est expert. D'après la MAIF, S3A peut avoir sa place auprès des novices afin de décharger les experts. Le novice pourra soit utiliser S3A de manière systématique s'il le souhaite, soit uniquement lorsqu'il a des difficultés sur un constat. Ainsi, S3A serait une aide intermédiaire auprès des novices avant une éventuelle consultation d'un expert dans le cas où il ne parvient pas à résoudre son problème avec l'aide de S3A. L'outil doit donc être capable de guider l'utilisateur vers la bonne décision dans les situations courantes. Il s'agit donc toujours d'un système d'aide à la décision. Les futurs rédacteurs de la MAIF suivent une formation dans laquelle ils apprennent à traiter les constats en suivant une certaine méthodologie. Cette méthodologie repose sur un questionnaire dont le cheminement doit mener à la solution (cf. le cas de barème de l'accident et la responsabilité de chacun des deux protagonistes). Mais dans la plupart des cas, il est très difficile de répondre à certaines questions parce qu'elles nécessitent d'avoir complètement assimilé le barème conventionnel et d'avoir une compréhension à la fois globale et très précise du constat en cours et des accidents qui ont pu mener à la rédaction d'un tel constat.

Afin de répondre à l'objectif de pédagogie, S3A se doit donc de proposer un mode de consultation qui reprenne cette méthodologie reposant sur le questionnaire. Ce questionnaire doit naturellement être doté d'une aide contextuelle qui est la principale valeur ajoutée de S3A en ce qui concerne le volet pédagogique. Cette aide est constituée de deux parties :

La première est une « mise en ligne » du barème conventionnel en exploitant toutes les possibilités qu'offre la consultation « en ligne » par rapport à un texte sur papier. Par exemple, l'utilisation du contexte permet de n'afficher que la partie de la convention utile à une page ou à une question posée. Certaines rubriques de la convention, notamment celles contenant la définition de certains termes, sont utiles à d'autres rubriques ; la consultation « en ligne » permet d'afficher ces rubriques complémentaires en cas de besoin par l'utilisateur (par le survol ou le clic sur un mot, une expression ou un bouton).

La seconde consiste à exploiter les autres rubriques de S3A afin qu'elles interagissent avec le questionnaire. Par exemple, la réponse à la question « Le sociétaire ou le tiers a-t-il enfreint une interdiction ? » passe par la recherche d'éventuelles interdictions enfreintes par les deux protagonistes. Cette recherche doit pouvoir être effectuée en navigant dans les différentes rubriques de la catégorie « Les interdictions » de S3A. La réponse à la question peut, dans de nombreux cas, être automatique lors du retour au questionnaire, suite au renseignement de certaines de ces rubriques.

Remarquons que le premier point concernant la « mise en ligne » du barème conventionnel répond également à l'objectif d'autonomie : rendre les novices autonomes le plus rapidement possible en les aidant à acquérir ce

barème conventionnel.

Mais un tel système reste utile aux experts pour traiter les cas difficiles.

CONCLUSION ET DISCUSSION

Les essais sur sites ont montré que ce prototype peut d'ores et déjà aider à la décision aussi bien les experts pour résoudre les cas difficiles que les novices dans le cadre de leur formation, bien que le raisonnement à partir de cas à la base de sa programmation ne soit pas utilisé par tous pour résoudre les accidents à traiter. Les novices, qui semblent favoriser le raisonnement à partir de règles, y trouvent un outil pédagogique qui les aide à l'appariement et à capitaliser leurs connaissances, et les experts apprécient cette aide à la décision simulant leur raisonnement. Néanmoins, ils déplorent le fait que le programme ne soit pas plus directif dans ses décisions et préféreraient que la décision finale soit imposée et non laissée à leur choix. Ces constats invitent à la réflexion.

En effet, la réalisation d'un programme informatique de raisonnement artificiel peut répondre à deux objectifs différents : soit simuler des raisonnements humains, comme finalité d'une recherche de sciences cognitives, qui implique le strict respect des mécanismes de raisonnements, même s'ils sont défectueux le cas échéant, soit fabriquer un outil efficace de traitement de l'information (aussi efficace que des opérateurs humains le soit ou même plus efficace si possible). Si on se place du point de vue de la construction d'un outil efficace, l'objectif est d'élaborer un programme « qui fait un certain travail avec une certaine performance », dans les limites posées par l'informatique et avec les critères d'efficacité imposés par la situation de travail. Toutes les fonctionnalités sont à choisir afin que cet outil devienne complet et polyvalent. Il faut, tout d'abord, bien définir les finalités de l'outil : aide à la décision ou tuteur de formation donnent lieu à des logiciels n'ayant pas les mêmes fonctionnalités, ni les mêmes composants, ni les mêmes interfaces. Si la direction pédagogique est choisie, par exemple, le système aurait la fonction de « capitaliser l'expertise de l'entreprise » et aurait un rôle tutorial pour les novices. Il pourrait ainsi contribuer à augmenter l'efficacité des opérateurs novices, qui pourraient utiliser, intégré au système, le raisonnement des experts à partir de cas déjà traités et dont la solution est éprouvée. Dans cette voie, le système doit notamment pouvoir traiter « l'adaptation des cas » (processus souvent lié à celui de la remémoration chez les opérateurs humains). D'autre part, il doit pouvoir fournir des commentaires explicatifs concernant les cas que le système a faits.

La question se pose différemment si l'on s'oriente vers une problématique de sciences cognitives, dont l'objectif serait de simuler *réellement* l'opérateur humain, c'est-à-dire de telle sorte que le fonctionnement du programme simule au plus près le fonctionnement cognitif des sujets. Dans ce cas, il faut en particulier reproduire les hésitations des experts quand ils raisonnent sur des cas complexes, et celles des novices quand ils hésitent face à

des cas simples. Les mêmes erreurs doivent également être faites par le système.

Nous avons ici, dans cette recherche et dans cet article, fait référence au « raisonnement à partir de cas ». Le fait que le programme peut avec efficacité produire un raisonnement à partir de cas ne prouve pas que les sujets raisonnent à partir de cas. L'analyse des verbalisations des sujets fournit des résultats qui incitent à penser qu'il s'agit bien d'un raisonnement à partir de cas, au moins pour les experts et aussi pour les novices dans les cas peu difficiles. Les opérateurs eux-mêmes emploient couramment le mot « cas » pour identifier leurs conclusions. Ils abordent le constat en procédant par élimination selon les familles de cas possibles (accidents de sens inverse, de même sens sur une file, de même sens sur deux files, avec un véhicule en stationnement, en infraction). Mais, on peut objecter qu'ils emploient aussi des règles (du type *si...alors*, ou même *si..alors...sinon*), particulièrement pour les novices, au moins pour identifier les cas, et que ces règles, finalement, peuvent suffire pour traiter les dossiers et aboutir aux conclusions. Nos données montrent que la frontière entre un raisonnement par cas et un raisonnement par règles est étroite, dans ce domaine.

En d'autres termes, l'identification des cas (au sens d'une sorte de « pattern matching » comme pour un appariement d'images) est-elle le mécanisme pour aboutir à la solution ou simplement un étiquetage des solutions obtenues par une application de règles ? On peut évoquer d'autres modèles implémentables possibles. Pour les dossiers relativement simples, dont la conclusion peut être obtenue par le seul examen des croix cochées sur le constat amiable, on peut penser que divers algorithmes feraient aussi bien l'affaire. Un programme bâti selon une classique programmation déterministe (une simple cascade de *si..alors...sinon*) pourrait suffire. Plus ambitieux pourrait être un programme de type système-expert, bâti selon le principe séparant une base de règles et un moteur d'inférence automatique, qui était le modèle dominant il y a une dizaine d'années (ici, le nombre de règles est limité et les inférences ne sont pas très compliquées). Une autre approche pourrait être celle d'un système connexionniste (le nombre de croix à prendre en compte en entrée est limité, ainsi que l'ensemble des conclusions en sortie).

Le traitement des dossiers complexes est plus difficile à modéliser : il faut parfois analyser un croquis et prendre en compte des déclarations ou des données complémentaires, plus ou moins complètes, plus ou moins contradictoires, voire suppléer à des données manquantes. Pour le traitement de ces dossiers, les raisonnements ne sont pas aussi déterministes que pour les dossiers où les croix suffisent. Nous sommes là en face de raisonnements à partir de cas, mais intervient aussi l'emploi de certaines règles, que des experts savent expliciter. Un système logiciel, comme l'expert humain, doit de toute façon pouvoir toujours justifier la conclusion de responsabilité par l'application de principes irréfutables et non par la simple similitude à

des cas précédents.

Plus difficile à modéliser est la commutation d'une forme de raisonnement à une autre. Rien n'est moins sûr, en effet, qu'un même opérateur n'utilise qu'une seule forme de raisonnement. Il est plus raisonnable de penser qu'il adapte son raisonnement aux circonstances et aux données qu'il traite. En outre, comme cela a déjà été dit plus haut, des agents différents (experts vs novices, typiquement) peuvent raisonner différemment, pour arriver ou non aux mêmes conclusions. Dès lors, modéliser les raisonnements impose de modéliser aussi les passages d'une forme de raisonnement à une autre, à supposer que l'on soit capable d'abord de modéliser (et simuler) correctement chacune des formes de raisonnement.

Les perspectives immédiates quant à ce programme sont d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires au programme de manière à rendre d'une part l'interface plus conviviale et d'autre part à permettre l'intégration de règles sous-jacentes au barème conventionnel utilisé régulièrement par les novices. Ce programme pourrait donc intégrer en fin de conception du raisonnement à partir de cas "en profondeur" et l'utilisation de règles en surface, notamment pour ce qui concerne l'aide en ligne souhaitée par tous les utilisateurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Aamodt, A., & Plaza, E. Case-Based Reasoning : Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. In A. Aamodt & E. Plaza (Eds.), *AI – Artificial Intelligence Communications*, IOS Press, 7, 1, 1994, pp. 39-59.
2. Anderson, J.R. *Cognitive Skills and their Acquisition*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 1981.
3. Anderson, J. R. *The Architecture of Cognition*. Cambridge, Harvard University Press, 1983.
4. Chi, M.T.H., Glaser, R., & Rees, E. Expertise in Problem Solving. In R.J. Sternberg (Ed.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence* (Vol.1). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1982.
5. De Groot, A.D. *Thought and Choice in Chess*. The Hague, Netherlands, Mouton, 1965.
6. Bastien, J.M., & Scapin, D.L. *Ergonomic Criteria for the evaluation of Human-Computer Interfaces* (Technical Report 2.1). Rocquencourt, INRIA, 1993.
7. Després, S. Consensual construction of prototypes for modeling mental representations. Communication présentée à *AKAW99 : Fourth Australian Knowledge Acquisition Workshop*, dans le cadre de *Joint Conference on Artificial Intelligence*. Sydney, décembre, 1999.

8. Després, S. Modélisation de représentations mentales pour une aide aux enquêteurs en accidentologie. *Actes de la conférence RFIA*, Paris, février, 2000.
9. Ganascia, J.G. L'âme-machine : les enjeux de l'intelligence artificielle. Paris, Le Seuil, 1990.
10. Ghiglione, R., Landré, A., Bromberg, M., & Molette, P. *Analyse automatique des contenus*. Paris, Dunod, 1998.
11. Glaser, R. Expert Knowledge and Processes of Thinking. In D.F. Halpern (Ed.), *Enhancing Thinking Skills in the Sciences and Mathematics*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1992.
12. Kolodner, J.L. *Cased-Based Reasoning*. San Mateo California, Morgan Kaufman Publishers, 1993.
13. Leplat, J. The elicitation of expert knowledge. In E. Hollnagel, G. Mancini, & D.D.Woods (Eds.), *Intelligent decision support in process environments*. Berlin, Springer-Verlag, 1986, pp. 107-122.
14. Mendelsohn, P. Méthodes d'observation. In J.P Caverni et al. (Eds.), *Psychologie cognitive : modèles et méthodes*. Grenoble, PUG, 1991, pp. 245-251.
15. Rasmussen, J. Technologies de l'information et analyse de l'activité cognitive. In R. Amalberti, M. de Montmollin, & J. Theureau (Eds.), *Modèles en analyse du travail*. Liège, Mardaga 1991, pp. 245-251.
16. Rouanet, H., & Le Roux, B. *Analyse des données multidimensionnelles*. Paris, Dunod, 1993.
17. Sauvagnac, C. La construction de connaissances par l'utilisation et la conception de procédures : Contribution au cadre des activités métafonctionnelles. Thèse, CNAM, Paris, 2000.
18. Schank, R.C. *Dynamic Memory : A Theory of Reminding and Learning in Computers and People*. Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
19. Schank, R.C., & Riesbeck, C.K. *Inside Case-Based Reasoning*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1989.
20. Sperandio, J.C. Critères ergonomiques de l'assistance technologique aux opérateurs. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, vol.3, 2, 2002, pp. 1-18.
21. Sperandio, J.C., & Wolff, M. (Eds.) (2003). *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*. Paris : PUF, coll. Le Travail Humain.
22. Sweller, J. Cognitive Load during Problem Solving : Effects of Learning. *Cognitive Science*, 12, 1988, pp. 257-285.
23. Visser, W. Reuse of Knowledge: Empirical Studies. First International. In M.Veloso & A. Aamodt (Eds.), *First International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR'95*. Berlin, Springer-Verlag, 1995, pp. 335-346.
24. Wolff, M. Apports de l'analyse géométrique des données pour la modélisation de l'activité. In J.C. Sperandio, & M. Wolff (Eds.), *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*. Paris, PUF, 2003, pp. 195-227.
25. Wolff, M., & Després, S. Raisonnement à partir de cas : modélisation et formalisation de l'activité cognitive des accidents. In J.C. Sperandio, & M. Wolff (Eds.), *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*. Paris, PUF, 2003, pp. 171-194.
26. Wolff, M., Rouanet, H., & Grosgeorge, B. Analyse d'une expertise professionnelle : l'évaluation des jeunes talents au basket-ball de haut niveau. *Le Travail Humain*, 61, 3, 1998, pp. 281-303.
27. Wolff, M., & Sperandio, J.C. (2000). Analyse multidimensionnelle d'entretiens individuels pour l'étude d'un retour d'expérience. In B. Méliet & Y. Quéinnec (Eds.), *XXXV^e congrès de la SELF : Communication et travail*. Toulouse, Octarès, 2000, pp. 2-8.