

# Cartes cognitives : une exploitation à base d'échelle, vue et profil

Lionel Chauvin, David Genest, Aymeric Le Dorze, Stéphane Loiseau

LERIA - Université d'Angers  
2 boulevard Lavoisier 49045 Angers Cedex 01  
{lionelc,genest,ledorze,loiseau}@info.univ-angers.fr

**Résumé.** Une carte cognitive est un réseau d'influences entre différents concepts. Le modèle des cartes cognitives permet à un utilisateur de calculer l'influence entre deux concepts. Les cartes cognitives contenant un grand nombre de concepts et d'influences sont difficiles à comprendre. Cet article introduit la notion de carte cognitive ontologique qui associe une ontologie à une carte cognitive classique pour en organiser les concepts. Afin de faciliter la compréhension d'une carte, l'utilisateur peut obtenir une vue de cette carte la simplifiant selon une échelle qu'il aura choisie. Un profil peut être créé pour construire des vues correspondant aux objectifs d'un type d'utilisateur. Si une carte est manipulée par différents utilisateurs, leurs profils combinés permettent de construire une vue partagée.

## 1 Introduction

Deux types de graphes d'influence sont communément utilisés en intelligence artificielle pour modéliser des réseaux causaux : les réseaux bayésiens (Naïm et al., 2004) et les cartes cognitives. Les graphes d'influence permettent de mettre en évidence les influences entre différents concepts. Le modèle des *cartes cognitives* (Tolman, 1948) est un modèle de graphe d'influence qui représente un *concept* par un texte étiquetant un nœud et une *influence* par un arc étiqueté par une *valeur d'influence*. Ces valeurs appartiennent à un ensemble de valeurs symboliques, tel que  $\{+, -\}$  (Axelrod, 1976) ou  $\{nul, faible, moyen, fort\}$  (Dickerson et Kosko, 1994; Zhou et al., 2003), ou appartiennent à un ensemble de valeurs numériques telles que celles de l'intervalle  $[-1; +1]$  (Kosko, 1986; Satur et Liu, 1999). Grâce à ces valeurs, on est en mesure de calculer l'*influence propagée* d'un concept vers un autre concept ; celle-ci est calculée en utilisant les valeurs d'influence portées par les arcs composant les chemins entre ces concepts. Ces cartes ont de nombreuses applications dans divers domaines comme la biologie (Tolman, 1948), l'écologie (Celik et al., 2005), la sociologie (Poignonec, 2006) ou la politique (Levi et Tetlock, 1980). Elles sont principalement utilisées d'une part pour aider un utilisateur à prendre seul une décision en comprenant les conséquences de celles-ci, et d'autre part pour permettre à plusieurs utilisateurs de prendre une décision collective.

Si ces cartes sont faciles à comprendre et à utiliser lorsqu'elles contiennent un petit nombre de concepts, ce n'est plus le cas dans la pratique lorsque le nombre de concepts devient élevé.

Cartes cognitives : une exploitation à base d'échelle...

Cette difficulté de compréhension affaiblit la capacité à réfléchir sur le domaine représenté par la carte. Notre proposition consiste à construire à partir de la carte cognitive des cartes plus simples, appelées vues, que pourra voir et exploiter l'utilisateur aisément.

Pour cela, notre première contribution va être d'introduire dans le modèle des cartes cognitives la notion d'échelle de sorte, pour un utilisateur, à sélectionner le niveau de détails de la carte qu'il veut voir. Pour cela, nous associons à la carte cognitive initiale une *ontologie* qui organise de façon hiérarchique les concepts du domaine en utilisant une relation de spécialisation. Les concepts les plus spécialisés sont appelés *concepts élémentaires* : seuls ces concepts sont représentés dans la carte cognitive. L'ontologie peut être considérée comme une *échelle symbolique*. Une échelle est un sous-ensemble de concepts choisi dans l'échelle symbolique, cad dans l'ensemble des concepts de l'ontologie, par l'utilisateur afin d'obtenir une vue. Chacun des concepts élémentaires ou un concept le généralisant doit appartenir à l'échelle. Une vue est une carte cognitive construite en n'utilisant que les concepts de l'échelle : la vue est donc bien adaptée à l'utilisateur. Elle a généralement nettement moins de concepts que de concepts élémentaires ; on parle de *vue pour une échelle*.

Notre seconde contribution consiste à permettre une adaptation automatique d'une carte cognitive à un utilisateur sous la forme d'une vue adaptée, ou de manière plus générale à des utilisateurs travaillant ensemble sous forme d'une vue partagée adaptée à chacun d'eux. Pour cela, on associe préalablement à chaque utilisateur un *profil* qui est une échelle conçue pour lui. Lors de l'utilisation d'une carte cognitive, le profil associé à l'utilisateur permet d'obtenir une carte qui lui est *adaptée* au travers de la *vue pour son profil*. Lors de l'utilisation d'une carte cognitive par plusieurs utilisateurs, les profils des utilisateurs vont être combinés ensemble de sorte à construire une échelle composée de *concepts partagés*. Cette échelle permet d'obtenir une carte qui leur est adaptée au travers de la vue pour ces concepts partagés, dite *vue partagée*.

Pratiquement, pour associer une ontologie à une carte cognitive, nous définissons une *carte cognitive ontologique* (CCO), association d'une carte cognitive à une ontologie dont les concepts élémentaires sont les concepts de la carte. L'*influence ontologique* permet de calculer l'influence entre deux concepts quelconques de l'ontologie. L'influence ontologique sera utilisée pour définir les influences entre les concepts d'une vue. La notion d'influence ontologique a été introduite par Genest et Loiseau (2007) pour les valeurs d'influence de l'ensemble  $\{+, -\}$ . On peut noter que l'association d'une ontologie à une carte cognitive n'était pas nouvelle puisque Jung et al. (2003) et Poignonec (2006) utilisent également une ontologie, mais comme mesure de comparaison ou de fusion de cartes.

La partie 2 présente le modèle des cartes cognitives ontologiques ainsi que le calcul des influences. La partie 3 introduit la notion d'échelle et de vue pour une échelle. La partie 4 présente ce qu'est un profil, une vue pour un profil et une vue partagée. La partie 5 liste différentes manières de définir les calculs d'influence selon l'ensemble des valeurs d'influence choisi.

## 2 Modèle d'une carte cognitive ontologique et inférence

Une CCO est l'association d'une carte cognitive à une ontologie. L'influence propagée entre deux concepts est la valeur de l'influence calculée entre deux concepts de la carte, l'in-

fluence ontologique est une généralisation de l'influence à toute paire de concepts de l'ontologie.

**Définition 1 (Carte cognitive)** Soit  $I$  un ensemble de valeurs. Soit  $C$  un ensemble de concepts. Une carte cognitive définie sur  $C$  et  $I$ , est un graphe orienté étiqueté  $(V, \text{eti}_V, A, \text{eti}_A)$  où :

- $V$  est un ensemble de nœuds ;
- $\text{eti}_V : V \rightarrow C$  est une application bijective étiquetant un nœud de  $V$  avec un concept de  $C$  ;
- $A \subseteq V \times V$  est un ensemble d'arcs appelé influences ;
- $\text{eti}_A : A \rightarrow I$  est une application étiquetant une influence avec un symbole de  $I$ .

**Exemple 1** La carte  $cc1$  (figure 1) représente les différents facteurs pouvant influencer le risque qu'un accident se produise sur une route. Elle est définie sur  $I = [-1, +1]$  où  $+1$  (resp.  $-1$ ) est l'influence totale (resp. influence totale opposée). Cet ensemble de valeurs sera utilisé jusqu'à la partie 5. Si on considère les concepts *Pluie* et *Mauvaise visibilité*, alors si de la pluie tombe, elle influence le risque que la visibilité soit mauvaise de 0.5.

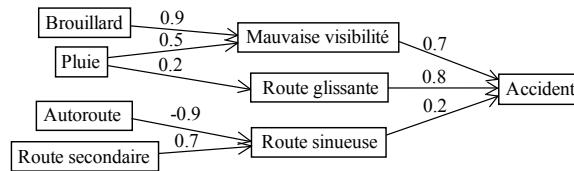


FIG. 1 – La carte  $cc1$ .

Une ontologie est représentée par un ensemble de concepts partiellement ordonnés par une relation de spécialisation. Les concepts minimaux sont les concepts les plus spécialisés d'un ensemble de concepts. Dans une carte cognitive ontologique, seuls les concepts minimaux de l'ontologie, appelés concepts élémentaires, sont présents dans la carte.

**Définition 2 (Ontologie)** Une ontologie  $(C, \preceq)$  est un ensemble de concepts  $C$  partiellement ordonné par une relation  $\preceq$ . On note  $\prec$  la relation d'ordre partiel strict associée à  $\preceq$ .

**Définition 3 (Concepts minimum, maximum et élémentaires)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Soit  $C' \subseteq C$ . On appelle l'ensemble des concepts maximum de  $C'$  :  $\max(C') = \{c \in C' \mid \nexists c' \in C', c \prec c'\}$ . On appelle l'ensemble des concepts minimum de  $C'$  :  $\min(C') = \{c \in C' \mid \nexists c' \in C', c' \prec c\}$ . Les concepts de  $\min(C)$  sont appelés concepts élémentaires de  $C$ .

**Définition 4 (CCO)** Une carte cognitive ontologique  $CO$  définie sur l'ontologie  $(C, \preceq)$  et un ensemble de valeurs  $I$  est une association de  $(C, \preceq)$  et d'une carte cognitive définie sur  $\min(C)$  et  $I$ .

**Exemple 2** L'ontologie  $o1$  (figure 2) représente les concepts du domaine de  $cc1$ . Seuls les concepts minimaux sont utilisés dans la carte.  $CCO1$  est la CCO construite en associant l'ontologie  $o1$  à la carte cognitive  $cc1$ .

Cartes cognitives : une exploitation à base d'échelle...

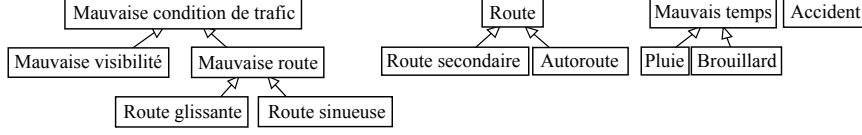


FIG. 2 – L'ontologie o1.

L'influence propagée d'un concept à un autre dans une carte cognitive est calculée à partir des valeurs d'influence des arcs composant les chemins d'influence existant entre deux concepts. Les définitions 6,7 et 9 sont fournies pour l'ensemble de valeurs  $I = [-1, +1]$ . La partie 5 discute de la manière d'adapter ces définitions pour d'autres ensembles de valeurs.

**Définition 5 (Chemin d'influence)** Soit  $M = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive définie sur un ensemble de concepts  $C$  et un ensemble de valeurs  $I$ . Soit  $c_1, c_2$  deux concepts de  $C$ .

- On appelle un chemin d'influence de  $c_1$  vers  $c_2$  une séquence (de longueur  $k$ ) d'influences  $(u_i, v_i) \in A$  telle que  $u_1 = etiq_V^{-1}(c_1)$  et  $v_k = etiq_V^{-1}(c_2)$  et  $\forall i \in [1..k - 1], v_i = u_{i+1}$ .
- Un chemin d'influence  $P$  du concept  $c_1$  au concept  $c_2$  est minimal ssi il n'existe pas de chemin d'influence  $P'$  de  $c_1$  à  $c_2$  tel que  $P'$  est une sous-séquence de  $P$ .
- On note  $\mathcal{P}_{c_1, c_2}$  l'ensemble des chemins d'influence minimaux de  $c_1$  vers  $c_2$ .

**Définition 6 (Influence propagée pour un chemin d'influence pour [-1;+1])** Soit  $M = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive définie sur l'ensemble de concepts  $C$  et l'ensemble de valeurs  $I = [-1, +1]$ . L'influence propagée pour un chemin d'influence  $P$  est :

$$\mathcal{IP}(P) = \prod_{(v, v') \text{ de } P} etiq_A((v, v'))$$

**Définition 7 (Influence propagée entre deux concepts pour [-1;+1])** Soit  $M = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive définie sur l'ensemble de concepts  $C$  et l'ensemble de valeurs  $I = [-1, +1]$ . L'influence propagée entre deux concepts est une fonction  $\mathcal{I}$  définie sur  $C \times C \rightarrow I$  telle que :

$$\mathcal{I}(c_1, c_2) = \begin{cases} \frac{\sum_{P \in \mathcal{P}_{c_1, c_2}} \mathcal{IP}(P)}{\text{card}(\mathcal{P}_{c_1, c_2})} & \text{si } \mathcal{P}_{c_1, c_2} \neq \emptyset \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

**Exemple 3** Dans la carte *cc1*, il y a 2 chemins d'influence minimaux entre *Pluie* et *Accident* :  $p_1$  (*Pluie* → *Mauvaise visibilité* → *Accident*) et  $p_2$  (*Pluie* → *Route glissante* → *Accident*).  $\mathcal{I}(\text{Pluie}, \text{Accident}) = (\mathcal{IP}(p_1) + \mathcal{IP}(p_2))/2 = ((0.5 \times 0.7) + (0.2 \times 0.8))/2 = 0.255$

L'influence ontologique permet à l'utilisateur d'interroger une CCO afin de déterminer l'influence entre deux concepts quelconques de l'ontologie. Pour cela, on cherche tout d'abord à déterminer les sous-ensembles de concepts élémentaires qui spécialisent les deux concepts. L'influence ontologique entre deux concepts  $c_1$  et  $c_2$  est une agrégation des valeurs des influences propagées entre les concepts élémentaires de  $c_1$  et ceux de  $c_2$ .

**Définition 8 (Concepts élémentaires pour un concept)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Soit  $c$  un concept de  $C$ . On appelle l'ensemble de concepts élémentaires pour un concept  $c$ , le sous-ensemble de  $C$  défini tel que :  $elemPour(c) = \{c' \in min(C) \mid c' \preceq c\}$ .

**Définition 9 (Influence ontologique entre deux concepts pour [-1;+1])** Soit  $CO = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive ontologique définie sur  $(C, \preceq)$  et  $I = [-1, +1]$ . L'influence ontologique entre deux concepts  $c_1, c_2$  de  $C$  est une fonction  $\mathcal{I}_O$  définie sur  $C \times C \rightarrow I \times I$  telle que :

$$\mathcal{I}_O(c_1, c_2) = [ \min_{\substack{c'_1 \in elemPour(c_1) \\ c'_2 \in elemPour(c_2)}} \mathcal{I}(c'_1, c'_2), \max_{\substack{c'_1 \in elemPour(c_1) \\ c'_2 \in elemPour(c_2)}} \mathcal{I}(c'_1, c'_2) ]$$

**Exemple 4** Pour calculer l'influence ontologique entre *Mauvais temps* et *Mauvaise condition de trafic* dans *CCOI*, on s'intéresse tout d'abord à leurs concepts élémentaires :

$elemPour(\text{Mauvais temps}) = \{\text{Pluie, Brouillard}\}$ ;  $elemPour(\text{Mauvaise condition de trafic}) = \{\text{Mauvaise visibilité, Route glissante, Route sinueuse}\}$

L'influence ontologique se calcule alors avec le minimum et le maximum des influences propagées suivantes :

$$\begin{aligned} \mathcal{I}(\text{Pluie, Mauvaise visibilité}) &= 0.5, & \mathcal{I}(\text{Pluie, Route glissante}) &= 0.2, \\ \mathcal{I}(\text{Pluie, Route sinueuse}) &= 0, & \mathcal{I}(\text{Brouillard, Mauvaise visibilité}) &= 0.9, \\ \mathcal{I}(\text{Brouillard, Route glissante}) &= 0, & \mathcal{I}(\text{Brouillard, Route sinueuse}) &= 0, \end{aligned}$$

d'où :  $\mathcal{I}_O(\text{Mauvais temps, Mauvaise condition de trafic}) = [0, 0.9]$ .

### 3 Vue pour une échelle

Une échelle est un sous-ensemble de concepts d'une ontologie, choisi par l'utilisateur pour obtenir une vue de la CCO. Les concepts de l'échelle sont les concepts qui apparaîtront dans la vue.

Une échelle respecte deux propriétés : tous les concepts d'une échelle sont *incomparables* entre eux, et l'échelle est *représentative* de tous les concepts de l'ontologie. Intuitivement, l'incomparabilité évite de représenter deux fois le même concept dans l'échelle : une fois par lui-même et une fois par un concept qui le généralise. Intuitivement, la représentativité garantit que chaque concept élémentaire est dans l'échelle ou représenté dans l'échelle par un concept qui le généralise.

**Définition 10 (Concepts comparables)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Deux concepts  $c$  et  $c'$  de  $C$  sont comparables ssi  $c \preceq c' \vee c' \preceq c$ .

**Propriété 1 (Ensemble de concepts incomparables)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Soit  $C' \subseteq C$ .  $C'$  est un ensemble de concepts incomparables ssi  $\forall c, c' \in C'$  qui sont différents,  $c$  et  $c'$  ne sont pas comparables.

**Définition 11 (Concepts élémentaires pour un ensemble)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Soit  $C' \subseteq C$ . On appelle l'ensemble des concepts élémentaires pour un ensemble  $C'$  :

$$elemPourEns(C') = \bigcup_{c \in C'} elemPour(c)$$

Cartes cognitives : une exploitation à base d'échelle...

**Propriété 2 (Ensemble représentatif d'un ensemble)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Soit  $C_1, C_2 \subseteq C$ .  $C_1$  est un ensemble représentatif de  $C_2$  ssi  $elemPourEns(C_2) \subseteq elemPourEns(C_1)$ .

Le théorème 1 montre qu'un ensemble de concepts est représentatif de l'ontologie ssi les concepts élémentaires pour cet ensemble sont les concepts élémentaires de l'ontologie.

**Théorème 1** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Soit  $C' \subseteq C$ .  $C'$  est un ensemble représentatif de  $C$  ssi  $elemPourEns(C') = min(C)$ .

**Définition 12 (Échelle)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Soit  $C' \subseteq C$ .  $C'$  est une échelle ssi  $C' \cap I$  est un ensemble de concepts incomparables (Propriété 1) et 2) est représentatif de  $C$  (Propriété 2).

**Exemple 5** L'ensemble de concepts  $e_1 = \{Mauvaise\ condition\ de\ trafic, Mauvais\ temps, Route, Accident\}$  (figure 3) est une échelle pour CCO1.

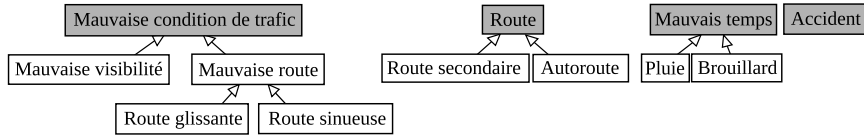


FIG. 3 – Les concepts de l'échelle  $e_1$  sont les concepts grisés.

Une vue d'une CCO est une carte cognitive dont les concepts sont uniquement ceux de l'échelle. Deux concepts d'une vue sont *connectés* si il y a un concept élémentaire pour chacun d'entre eux tels que ces deux concepts élémentaires sont liés dans la CCO. S'il existe un arc entre deux concepts élémentaires dans la CCO, l'arc de la vue entre ces deux concepts est étiqueté de la même manière. Sinon, la valeur de l'arc est obtenue en calculant l'influence ontologique.

**Définition 13 (Connexion entre deux concepts)** Soit  $CO = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive ontologique définie sur une ontologie  $(C, \preceq)$  et un ensemble de valeurs  $I$ . Deux concepts  $c_1$  et  $c_2$  de  $C$  sont connectés ssi  $\exists c'_1 \in elemPour(c_1), \exists c'_2 \in elemPour(c_2) \mid (etiq_V^{-1}(c'_1), etiq_V^{-1}(c'_2)) \in A$ .

**Définition 14 (Valeur d'une influence entre deux concepts connectés)** Soit  $CO = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive ontologique définie sur une ontologie  $(C, \preceq)$  et un ensemble de valeurs  $I$ .  $\forall c_1, c_2 \in C$  qui sont connectés :

$$Value(c_1, c_2) = \begin{cases} etiq_A(etiq_V^{-1}(c_1), etiq_V^{-1}(c_2)) & \text{si} \\ c_1 \text{ et } c_2 \text{ sont des concepts élémentaires.} \\ \mathcal{I}_O(c_1, c_2) & \text{sinon.} \end{cases}$$

**Définition 15 (Vue pour une échelle)** Soit  $CO = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive ontologique définie sur une ontologie  $(C, \preceq)$  et un ensemble de valeurs  $I$ . Soit  $C'$  une échelle. Une vue pour  $C'$  de  $CO$  est une carte cognitive  $(V_s, etiq_{V_s}, A_s, etiq_{A_s})$  définie sur  $C'$  et  $I$  telle que :

- $V_s$  est un ensemble de nœuds dont la cardinalité est égale à la cardinalité de  $C'$  ;

- $eti_{V_s} : V_s \rightarrow C'$  est une application bijective étiquetant chaque nœud de  $V_s$  avec un concept de  $C'$  ;
- $A_s \subseteq V_s \times V_s$  est l'ensemble des influences  $(eti_{V_s}^{-1}(c_1), eti_{V_s}^{-1}(c_2))$  tel que  $c_1$  et  $c_2$  sont connectés ;
- $eti_{A_s} : A_s \rightarrow I \cup I \times I$  est une application étiquetant une influence  $(v_1, v_2)$  telle que  $eti_{A_s}((v_1, v_2)) = Value(eti_{V_s}(v_1), eti_{V_s}(v_2))$ .

**Exemple 6** La figure 4 est la vue de CCOI pour l'échelle  $e_1$ . Les concepts grisés représentent les concepts généraux introduits par l'échelle.

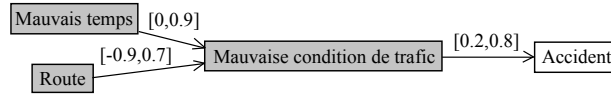


FIG. 4 – Vue de CCOI.

## 4 Vues adaptées

À un utilisateur est associé un profil qui définit une échelle qui lui correspond. Ce profil permet de lui fournir une vue qui lui est bien adaptée : c'est la vue pour le profil.

**Définition 16 (Profil d'utilisateur)** Soit  $(C, \preceq)$  une ontologie. Un profil d'utilisateur est une échelle de  $C$ .

**Définition 17 (Vue pour un profil)** Soit  $CO$  une carte cognitive ontologique définie sur  $(C, \preceq)$  et  $I$ . Soit  $P$  un profil d'utilisateur. La vue pour un profil  $P$  est la vue pour  $P$  de  $CO$ .

**Exemple 7** L'utilisateur "météorologiste" utilise un profil  $P_m = \{Brouillard, Pluie, Route, Mauvaise condition de trafic, Accident\}$ . La figure 5 présente une vue pour l'utilisateur "météorologiste" construit à partir du profil  $P_m$ .

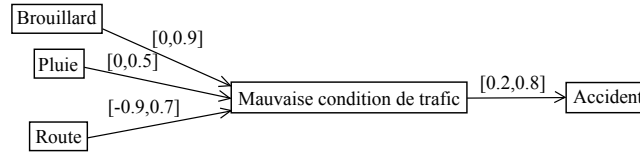


FIG. 5 – Vue pour le profil "météorologiste".

Lorsque deux utilisateurs partagent une même carte et veulent l'utiliser ensemble, une vue partagée, adaptée aux deux utilisateurs, sera construite à partir d'une échelle composée de l'ensemble des concepts partagés par les deux utilisateurs. Cet ensemble de concepts partagés est l'union des deux profils des utilisateurs auquel on applique un min de sorte d'une part à fournir les concepts les plus spécialisés qui intéressent l'un ou l'autre des utilisateurs, et d'autre part à garantir que l'ensemble des concepts partagés est bien une échelle.

Cartes cognitives : une exploitation à base d'échelle...

**Définition 18 (Concepts partagés)** Soit  $CO$  une carte cognitive ontologique définie sur  $(C, \preceq)$  et  $I$ . On appelle l'ensemble des concepts partagés pour deux profils  $P_1$  et  $P_2$  :  $\text{ConceptsPartagés}(P_1, P_2) = \min(P_1 \cup P_2)$ .

La propriété 3 permet d'utiliser les concepts partagés afin de calculer une vue.

**Propriété 3** Soit  $CO$  une carte cognitive ontologique définie sur  $(C, \preceq)$  et  $I$ . Soient  $P_1$  et  $P_2$  deux profils de  $CO$ .  $\text{ConceptsPartagés}(P_1, P_2)$  est une échelle pour  $C$ .

**Définition 19 (Vue partagée)** Soit  $CO$  une carte cognitive ontologique définie sur  $(C, \preceq)$  et  $I$ . Soient  $P_1$  et  $P_2$  deux profils de  $CO$ . La vue partagée pour  $P_1$  et  $P_2$  est la vue pour  $\text{ConceptsPartagés}(P_1, P_2)$  de  $CO$ .

**Exemple 8** L'utilisateur "constructeur de route" utilise un profil  $P_r = \{\text{Autoroute, Route secondaire, Mauvais temps, Mauvaise condition de trafic, Accident}\}$ . La figure 6 présente une vue partagée entre les deux profils "météorologiste" et "constructeur de route". Les concepts grisés sont les concepts qui apparaissent seulement dans le profil  $P_m$  et ceux de  $P_r$  ont leur bordure en tirets.

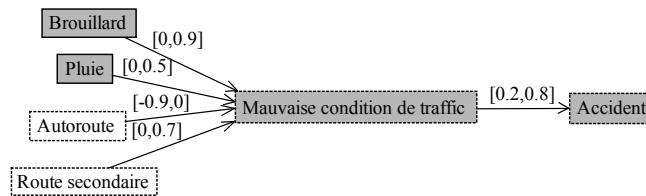


FIG. 6 – Vue partagée entre les profils  $P_m$  et  $P_r$ .

La définition de vue partagée s'étend facilement à un nombre d'utilisateurs quelconque.

## 5 Paramétrage

Dans les parties ci-dessus, l'ensemble de valeurs est  $I = [-1; +1]$ , et les opérateurs ont donc été définis sur cet ensemble. Il est tout à fait possible d'utiliser d'autres définitions des opérateurs d'influence. L'influence ontologique entre deux concepts pourrait par exemple être la moyenne des influences propagées des chemins entre leurs concepts élémentaires respectifs.

**Exemple 9** La figure 7 représente une vue de la carte  $CCOI$  pour l'utilisateur "météorologiste" avec une influence ontologique définie comme étant la moyenne des influences propagées des chemins entre leurs concepts élémentaires respectifs.

Pour l'ensemble de valeurs  $I = \{+, -\}$ , l'influence propagée dans un chemin et l'influence propagée entre deux concepts sont données dans la définition 20, conformément à Axelrod (1976). L'influence ontologique est donnée dans la définition 20 conformément à Chauvin et al. (2008). Notons que l'influence ontologique entre deux concepts est soit positive (+), soit négative (-), soit nulle (0), soit positive ou nulle ( $\oplus$ ), soit négative ou nulle ( $\ominus$ ), soit ambiguë (?).



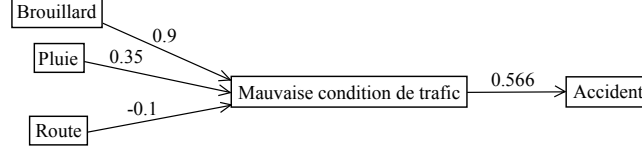


FIG. 7 – Vue de CCO1 avec une moyenne pour influence ontologique.

**Définition 20 (Influences dans une carte cognitive ontologique pour {+,-})** Soit  $CO = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive ontologique définie sur une ontologie  $(C, \preceq)$ , et sur l'ensemble de valeurs  $I = \{+, -\}$ .

- L'influence propagée dans un chemin  $P$  est définie sur  $\{+, -\}$  telle que :

$$\mathcal{IP}(P) = \bigwedge_{(v,v') \text{ de } P} etiq_A((v,v')) \text{ avec } \begin{array}{|c|c|c|} \hline \bigwedge & + & - \\ \hline + & + & - \\ \hline - & - & + \\ \hline \end{array}$$

- L'influence propagée entre deux concepts  $c_1$  et  $c_2$  est définie sur  $\{+, -, ?\}$  telle que :

$$\mathcal{I}(c_1, c_2) = \begin{cases} 0 & \text{si } \mathcal{P}_{c_1, c_2} = \emptyset \\ \bigvee_{P \in \mathcal{P}_{c_1, c_2}} \mathcal{IP}(P) & \text{sinon} \end{cases} \text{ avec } \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \bigvee & + & - & ? \\ \hline + & + & ? & ? \\ \hline - & ? & - & ? \\ \hline ? & ? & ? & ? \\ \hline \end{array}$$

- L'influence ontologique entre deux concepts  $c_1$  et  $c_2$  est définie sur  $\{+, \oplus, 0, \ominus, -, ?\}$  telle que :

$$\mathcal{I}_O(c_1, c_2) = \begin{array}{c} \odot \\ c'_1 \in elemPour(c_1) \\ c'_2 \in elemPour(c_2) \end{array} \mathcal{I}(c'_1, c'_2) \text{ avec } \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline \odot & + & - & 0 & \oplus & \ominus & ? \\ \hline + & + & ? & \oplus & \oplus & ? & ? \\ \hline - & ? & - & \ominus & ? & \ominus & ? \\ \hline 0 & \oplus & \ominus & 0 & \oplus & \ominus & ? \\ \hline \oplus & \oplus & ? & \oplus & \oplus & ? & ? \\ \hline \ominus & ? & \ominus & \ominus & ? & \ominus & ? \\ \hline ? & ? & ? & ? & ? & ? & ? \\ \hline \end{array}$$

**Exemple 10** Soit la carte cognitive ontologique CCO2 basée sur CCO1 étiquetée avec l'ensemble de valeurs  $I = \{+, -\}$ . La figure 8 représente la carte CCO2 ainsi que la vue pour l'utilisateur "météorologiste".

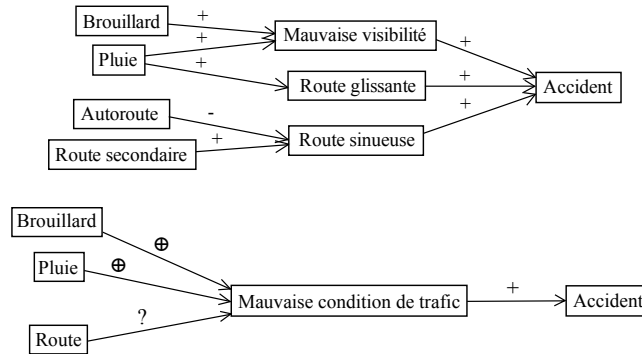


FIG. 8 – CCO2 et vue pour le profil "météorologiste".

Cartes cognitives : une exploitation à base d'échelle...

Pour  $I = \{nul, faible, moyen, fort\}$ , l'influence propagée dans un chemin et l'influence propagée entre deux concepts sont données dans la définition 21, conformément à Dickerson et Kosko (1994) et Zhou et al. (2003). L'influence ontologique est celle de la définition 9 qui a l'intérêt de montrer les extremums.

**Définition 21 (Influences dans une carte cognitive ontologique pour  $\{nul, faible, moyen, fort\}$ )** Soit  $CO = (V, etiq_V, A, etiq_A)$  une carte cognitive ontologique définie sur une ontologie  $(C, \preceq)$ , et sur l'ensemble de valeurs partiellement ordonné  $I = \{nul \lesssim faible \lesssim moyen \lesssim fort\}$ .

- L'influence propagée dans un chemin  $P$  est définie telle que :

$$\mathcal{IP}(P) = \min_{(v,v') \text{ de } P} etiq_A((v, v'))$$

- L'influence propagée entre deux concepts  $c_1$  et  $c_2$  est définie telle que :

$$\mathcal{I}(c_1, c_2) = \begin{cases} nul & \text{si } \mathcal{P}_{c_1, c_2} = \emptyset \\ \max_{P \in \mathcal{P}_{c_1, c_2}} \mathcal{IP}(P) & \text{sinon} \end{cases}$$

- L'influence ontologique entre deux concepts est définie telle que dans la définition 9.

**Exemple 11** Soit la carte cognitive ontologique  $CCO3$  basée sur  $CCO1$  étiquetée avec l'ensemble de valeurs partiellement ordonné  $I = \{nul \lesssim faible \lesssim moyen \lesssim fort\}$ . La figure 9 représente  $CCO3$  ainsi que la vue pour l'utilisateur "météorologiste".

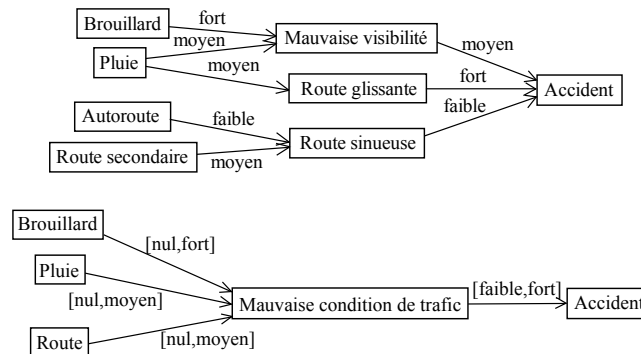


FIG. 9 –  $CCO3$  et vue pour le profil "météorologiste".

## 6 Conclusion

SCCO (figure 10) est un prototype qui intègre les idées présentées dans cet article. Il est disponible sur <http://forge.info.univ-angers.fr/~lionelc/CCdeGCjava/>. Il a été utilisé sur des cartes cognitives d'une cinquantaine de concepts, et a ainsi montré, dès cette taille de cartes, l'intérêt de l'approche pour faciliter leur compréhension et leur utilisation.

Il serait intéressant de voir si ces notions d'échelle et de vue sont applicables aux autres types de réseaux d'influence, comme les réseaux bayésiens (Naïm et al., 2004) et d'autres modèles de graphes comme les graphes de données (Mackinlay, 1986).

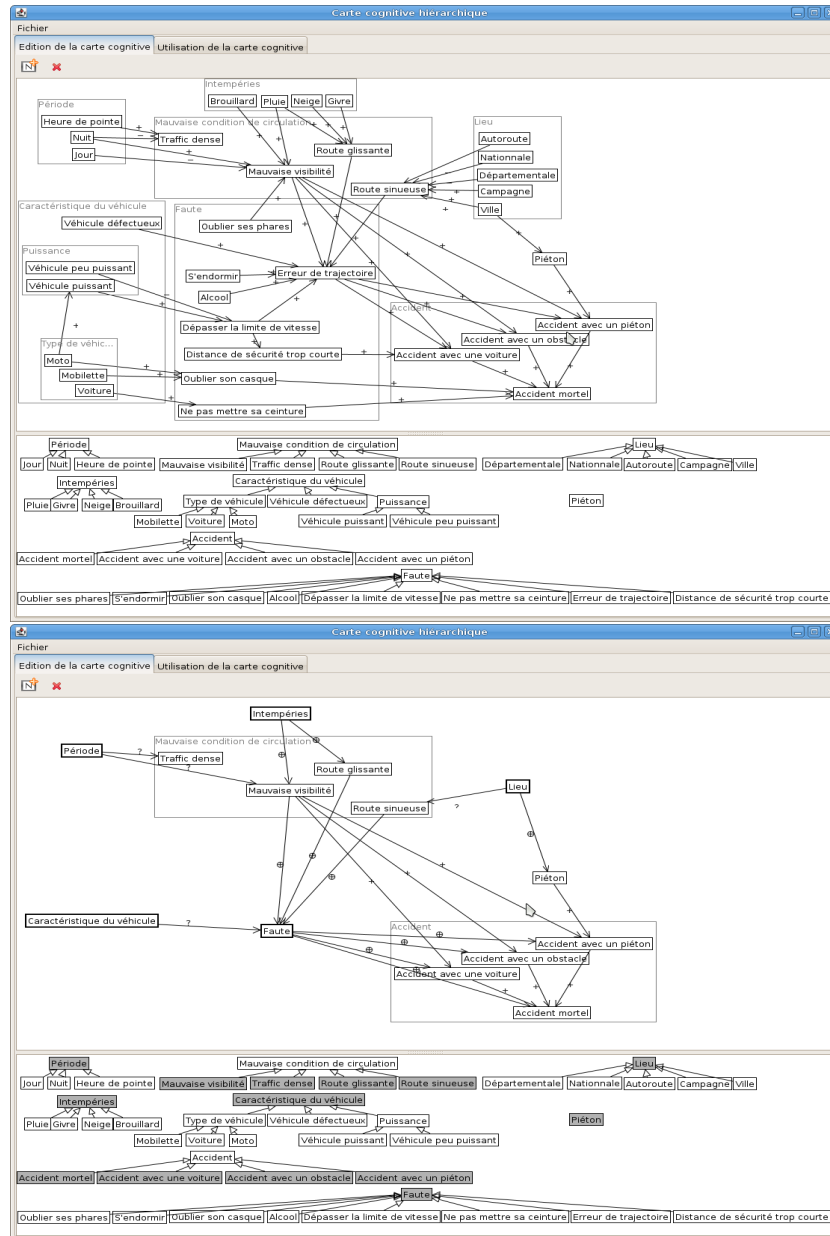


FIG. 10 – Sélection de l'échelle et vue d'une carte cognitive sous SCCO.

## Références

Axelrod, R. (1976). *Structure of decision : the cognitive maps of political elites*. N.J. : Princeton.

Cartes cognitives : une exploitation à base d'échelle...

- Celik, F. D., U. Ozesmi, et A. A. Akdogan (2005). Participatory ecosystem management planning at tuzla lake (turkey) using fuzzy cognitive mapping.
- Chauvin, L., D. Genest, et S. Loiseau (2008). Les cartes cognitives hiérarchiques. In F. Guillet et B. Trousse (Eds.), *EGC*, Volume RNTI-E-11 of *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information*, pp. 91–102. Cépaduès-Éditions.
- Dickerson, J. A. et B. Kosko (1994). Virtual worlds as fuzzy cognitive maps. *Presence* 3(2), 73–89.
- Genest, D. et S. Loiseau (2007). Modélisation, classification et propagation dans des réseaux d'influence. *Technique et Science Informatiques* 26(3-4), 471–496.
- Jung, J. J., K.-Y. Jung, et G. Jo (2003). Ontological cognitive map for sharing knowledge between heterogeneous businesses. In A. Yazici et C. Sener (Eds.), *Proceedings in the 18th ISICIS 2003*, Volume 2869 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 91–98. Springer.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machines Studies* 24, 65–75.
- Levi, A. et P. E. Tetlock (1980). A cognitive analysis of japan's 1941 decision for war. *The Journal of Conflict Resolution* 24(2), 195–211.
- Mackinlay, J. D. (1986). Automating the design of graphical presentations of relational information. *ACM Transaction on Graphics* 5(2), 111–141.
- Naïm, P., P.-H. Wuillemin, P. Leray, O. Pourret, et A. Becker (2004). *Réseaux bayésiens*. Paris : Eyrolles.
- Poignonec, D. (2006). *Apport de la combinaison cartographie cognitive/ontologie dans la compréhension de la perception du fonctionnement d'un écosystème récifo-lagonaire de Nouvelle-Calédonie par les acteurs locaux*. Ph. D. thesis, ENSA Rennes France.
- Satur, R. et Z.-Q. Liu (1999). A contextual fuzzy cognitive map framework for geographic information systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 7(5), 481–494.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *The Psychological Review* 55(4), 189–208.
- Zhou, S., J. Y. Zhang, et Z.-Q. Liu (2003). Quotient fcms – a decomposition theory for fuzzy cognitive maps. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 11(5), 593–604.

## Summary

A cognitive map is an influence network between different concepts. The cognitive map model allows a user to compute the influence between two concepts. The cognitive maps that contain a great number of concepts and influences are hard to understand. This article introduces the notion of ontological cognitive map which associates an ontology to a classical cognitive map to organize its concepts. In order to help the user to understand the map, he can build a view of this map simplifying it according to a scale that he has chosen. A profile can be created to build views corresponding to the aims of a type of user. If a map is manipulated by different users, their combined profiles allow to construct a shared view.