

Vers une cartographie des connaissances guidée par la fouille des données

BRAHAMI Menaouer¹, ATMANI Baghdad²

¹ Ecole Normale Supérieurs de l'Enseignement et Technologie (*ENSET*)

BP : 1524 El M'Naouer, 31000 Oran, Algérie

<http://www.enset-oran.dz>

brahami.menaouer@enset-oran.dz mbrahami@gmail.com

² Département Informatique, Université d'Oran

BP : 1524 El M'Naouer, 31000 Oran, Algérie

<http://www.univ-oran.dz>

atmani.baghdad@univ-oran.dz atmani.baghdad@gmail.com

Résumé. Ce papier présente une nouvelle approche de cartographie des connaissances stratégique/métiers guidée par apprentissage automatique en vue de définir la stratégie de gestion des connaissances à engager. La démarche que nous avons expérimentée s'appuie sur une nouvelle méthode cellulaire d'extraction de règles à partir des données nommée CASI (Cellular Automaton for Symbolic Induction). La première étape consiste en la préparation d'une cartographie des domaines de connaissances stratégique et métiers par le modèle graphique. La deuxième étape à transformer le graphe de cette cartographie sous forme de partitions, en respectant le principe booléen de la machine cellulaire CASI. Le but, après une modélisation booléenne de la cartographie des domaines de connaissances, est double : d'une part affiner la cartographie par une fouille de donnée orchestrée par CASI, et d'autre part réduire la complexité de stockage, ainsi que le temps de calcul. Seule la modélisation booléenne de la cartographie est décrite dans ce papier.

Mots-clés : Gestion des connaissances, Cartographie, Ingénierie des connaissances, Graphe d'induction, Machine cellulaire (CASI).

1 Introduction

La capacité d'innovation et la performance des activités deviennent actuellement un enjeu majeur pour le succès des entreprises. L'entreprise existe aujourd'hui plus que jamais dans un environnement très concurrentiel. Pour se placer en bonne position sur le marché mondialisé, la gestion des connaissances s'est affirmée dans les entreprises comme un enjeu extrêmement majeur [13].

La gestion des connaissances est vue comme un moyen d'améliorer le partage et l'utilisation de l'information, ainsi qu'une façon de capturer les meilleures pratiques

afin de favoriser l'innovation et d'aider à la prise de décision. Plusieurs techniques de capitalisation des connaissances ont été définies. Ces techniques héritent pour la plupart des méthodes d'ingénierie des connaissances.

Plusieurs étapes ont été identifiées dans un processus de gestion de connaissances : il s'agit de l'explicitation de connaissances tacites repérées comme cruciales pour l'entreprise, du partage du capital des connaissances rendues explicite sous forme de mémoire, de l'appropriation et de l'exploitation d'une partie de ces connaissances par les acteurs de l'entreprise [13] (*Fig. 1*).

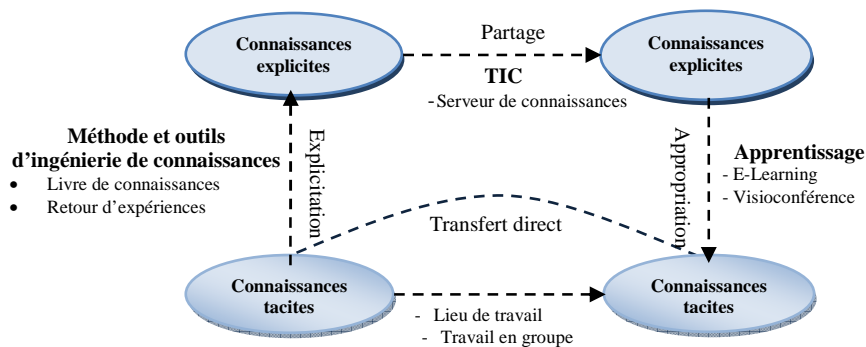


Fig. 1. Quatre modes de création et transfert des connaissances [13]

L'objectif prioritaire de la gestion des connaissances est de préserver le patrimoine stratégique des connaissances, développé au fil de son existence, mais qui reste peu explicite et demeure tacite chez les acteurs de métiers [14]. A cet effet, il y a un certain nombre de méthodologies qui sont aujourd'hui disponibles pour formaliser ce patrimoine stratégique de connaissances. Nous nous intéressons dans ce papier à la cartographie des connaissances et, notre contribution consiste à exploiter les performances confirmées et les techniques mathématiques formelles de la machine cellulaire CASI [2] afin de concevoir un processus dynamique de cartographie guidé par extraction des connaissances à partir des données.

2 La cartographie des connaissances

Les connaissances cartographiées peuvent être à acquérir, à surveiller, à créer, à partager et enfin à capitaliser et à transférer. La méthode de cartographie des connaissances permet de représenter et d'analyser les connaissances d'une entreprise en les regroupant par domaine et en les visualisant sous forme de carte.

Dans toute opération de la gestion des connaissances, la cartographie des connaissances a pour objectif de mettre en valeur les connaissances critiques métiers de l'entreprise [3]. La cartographie des connaissances est d'abord une démarche managériale dont la finalité est d'identifier les patrimoines de savoir-faire stratégique aux actions métiers dans l'organisation. L'identification de cette dernière dans une organisation consiste à pérenniser, développer les connaissances liées au métier de l'entreprise ainsi qu'à sa stratégie de travail. Son but principal consiste à montrer

rapidement aux collaborateurs d'une organisation, d'un réseau ou d'une filière où se trouve l'expertise recherchée. De même elle indique l'importance d'un certain savoir et lequel risque de se perdre et qui doit donc être préservé [14].

2.1 Aperçu sur les travaux de cartographie réalisée

Les études de cas utilisées dans notre étude, sont le fruit d'un ensemble d'expériences. Plusieurs approches d'évolution de la cartographie ont été proposées pour organiser les ressources cognitives d'une entreprise. Aubertin *et al.* [3] ont proposé deux approches la première se focalise sur la classification fonctionnelle qui s'appuie sur un organigramme, la deuxième sur la classification par processus et la classification par domaines qui organise la connaissance autour de sujets, objets ou finalités. A travers l'étude des besoins de changements et l'environnement d'évolution d'une cartographie des connaissances nous allons survoler cinq :

- Guelain Clément *et al.* (fev. 2007) a mené un projet pour cartographie des connaissances et des compétences techniques critiques au sein de la direction de l'innovation et de la recherche de la SNCF.
- Ermine J.L (2005) a réalisé un projet piloté chez chronopost International (*observatoire des métiers*) et reposé sur deux objectifs ; d'une part, identifier les savoir-faire métiers impactés par la stratégie et, d'autre part, réfléchir à l'évolution des compétences critiques dans le futur. Pour cela, Ermine J.L [9] à élaboré le projet en plusieurs phases, la première phase est la réalisation d'une cartographie stratégique aux actions métiers formaliser par l'approche du modèle graphique (*une carte des domaines de connaissances*). La deuxième phase, consiste à une analyse des savoir-faire métiers critiques par l'utilisation des critères de criticité en tenant compte des spécificités de Chronopost International.
- Chabot J.L (2006) a proposé une cartographie complète des différents domaines d'expertise pour l'entreprise HYDRO-Québec. Cependant, l'objectif prioritaire est d'identifier, d'une part, les domaines de connaissances et, d'autre part, faire une étude de criticité pour ressortir les domaines de connaissances critique avec l'aide de la société française Kadant.
- Barroso A.C.O. et Ricciardi R. I. (2003) ont réalisé un projet piloté dans le centre de radiopharmacie de Sao Paulo (*IPEN*). Etant donné que le domaine nucléaire souffre de problème lié à cette accumulation considérable des connaissances : tels que le risque de non-préservation, la difficulté de transfert, etc. ils ont élaboré le projet en plusieurs étapes en utilisant l'approche par processus. Le processus à été décrit d'une manière classique sous la forme de diagrammes de flux liant des activités relatives aux processus. C'est cette cartographie, réalisée au sein de l'IPEN, qui va nous servir de support pour illustrer notre modélisation booléenne. Barroso et Ricciardi [4] ont utilisé une méthodologie qui s'inspire de la méthodologie cartographie par domaine [3] pour définir les meilleurs savoir-faire stratégiques/métiers et, ensuite une formalisation pour assurer le partage de ces connaissances.
- L'INRS (*Institut National de Recherche et de Sécurité*) a mené deux projet pour cette raison. Le premier projet est piloté par [11] et qui a pour objectif de montrer l'apport de la méthode MASK pour une capitalisation de connaissances. La démarche a conduit à la réalisation d'un livre de connaissances. Dans cette optique,

4 BRAHAMI Menaouer¹, ATMANI Baghdad²

l'INRS a lancé le deuxième projet basé sur la méthode de cartographie des connaissances par domaine pour mettre en valeur les domaines de connaissances critiques et qui organise les connaissances autour de sujets, d'objets ou de finalités. L'approche par domaine est conduite à travers les phases suivantes : 1. Le repérage des domaines de connaissances. 2. La construction de la représentation physique de cartographie des connaissances. 3. Elaboration de critères de criticité. 4. La mise en œuvre de l'évaluation de la criticité.

Dans ce contexte, et comme nous l'avons déjà souligné, nous nous sommes intéressés à une cartographie des domaines de savoir-faire stratégique/métiers.

2.2 La cartographie des connaissances Stratégiques/Métiers

Le partage et le transfert des connaissances entre les générations est une question d'actualité liée au départ massifs à la retraite prévus pour les années à venir. Il y a un grand risque de perte de connaissance.

Dans ce contexte, nous avons travaillé sur une grande entreprise qui a mis en œuvre et s'est engagé dans la mise en œuvre des projets de gestion des connaissances comme une activité propre à s'intégrer dans les activités des unités pour faciliter le partage et le transfert des connaissances aux nouvelles générations de ses employés et permettre finalement via ce partage et le transfert de ces connaissances et la création d'autres nouvelles pour qu'elles constituent le levier de l'innovation.

Le fondement scientifique de ce travail se base, essentiellement sur deux concepts: la cartographie stratégique/métiers et la criticité telle que développée par le club de gestion des connaissances [8]. Les questions clés qui sont tournées autour de ce projet est : quelles sont nos expertises? Comment identifier les savoirs et savoir-faire? Comment les capitaliser durablement le savoir et l'expertise des experts? Par quel moyen rendre cette expertise diffusible et accessible aux équipes locales? Et en fin, comment faire évaluer les connaissances pour les réutiliser?

Dans la première phase du projet, Barroso et Ricciardi [4] ont réalisé le repérage des savoir-faire essentiellement à partir d'interviews avec les experts métiers, de processus et des documents de références. Le résultat de cette étape était de regrouper les différentes activités en un ensemble de domaines de connaissances, puis de les valider au fur et à mesure avec les acteurs de métiers de chaque domaine qui pourront affiner et corriger cette première version.

Pour caractériser une carte des domaines stratégique/métiers il y a le modèle formel et le modèle graphique. Pour illustrer la modélisation booléenne abordée dans ce papier nous avons opté pour le modèle graphique (voir exemple dans la Figure 2).

Lors de l'analyse de criticité, Barroso et Ricciardi [4] ont opté pour la grille de criticité élaborée par le club de gestion des connaissances (CGC) [8]. Le principe de cette grille tourne autour de quatre dimensions: l'utilité des savoirs, la rareté, la facilité d'utilisation et la facilité d'accès. Dans cette étude de criticité les résultats ont permis d'établir la cartographie finale avec une mise en évidence des domaines les plus critiques. Après avoir finalisé cette étape, Barroso et *al.* [4] ont obtenu la carte cognitive qui permet une représentation visuelle de ces domaines de connaissances, ce modèle de carte permet de représenter autour d'un sommet central des idées ou des

pensées en créant différentes arborescences autour de ce sommet [6]. Différentes solutions logicielles reprennent cette approche notamment « MindManager Pro 8 »¹.

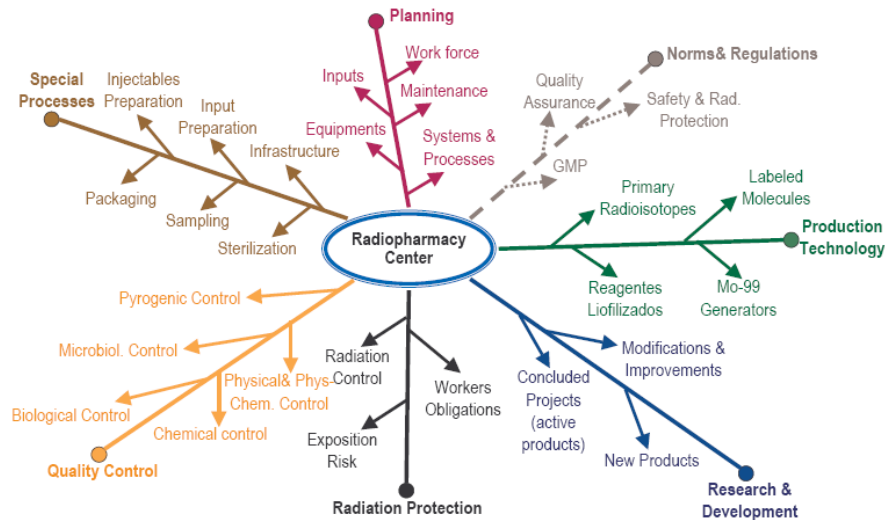


Fig. 2. Exemple de cartographie des connaissances à l'IPEN [4] : vue générale

3 Fouille de données par induction booléenne

3.1 Introduction à l'apprentissage automatique

L'apprentissage automatique est certainement, en intelligence artificielle, le champ d'application le plus fertile de ces dernières années. On sait de manière générale qu'une des prérogatives de l'intelligence artificielle est d'apprendre à partir de l'expérience passée de sorte que son comportement devient adaptable.

L'apprentissage automatique est ainsi le champ d'étude où l'on essaie de reproduire la capacité de l'homme à apprendre. Les pionniers interprètent l'*apprentissage automatique* comme un ensemble de changements dans un système qui permet à ce dernier d'accomplir mieux la même tâche, ou, une tâche similaire dans la même population dans l'avenir.

Dietterich [15] propose une approche plus fonctionnelle à l'apprentissage automatique qui permet de l'évaluer, en le reliant à la notion de connaissance. Dietterich distingue ainsi trois niveaux de description d'un système d'apprentissage :

- un système qui ne reçoit aucune entrée et qui accomplit le mieux une tâche,
- un système qui reçoit des connaissances en entrée, mais n'accomplit aucune induction,
- et enfin, un système qui reçoit des entrées et en extrait des connaissances qui ne sont connues ni implicitement ni explicitement, c'est l'apprentissage *inductif*.

¹ Michael & Battina : MindManager Pro 8, <http://www.mindmanager.fr> , 2009.

C'est cette dernière qui nous intéresse dans notre problématique, plus particulièrement l'apprentissage empirique qui vise à produire une nouvelle connaissance à partir des cas pratiques : des exemples, des observations, etc... C'est ce que nous avons baptisé « vers une cartographie à partir d'une série d'observations ».

Ce papier présente une nouvelle approche de cartographie des connaissances stratégique/métiers guidée par apprentissage automatique en vue de définir la stratégie de gestion des connaissances à engager. La démarche que nous avons expérimentée s'appuie sur une nouvelle méthode cellulaire d'extraction de règles à partir des données nommée *CASI* (Cellular Automata for Symbolic Induction) [2].

La première étape consiste à préparer un exemple de cartographie des domaines de connaissances stratégique et métiers par le modèle graphique déjà réalisée en collaboration avec le centre nucléaire de Sao Paulo (IPEN). La deuxième étape à transformer le graphe de cette cartographie sous forme de partitions, en respectant le principe booléen de *CASI*.

Le but, après une modélisation booléenne de la cartographie des domaines de connaissances, est double: d'une part affiner la cartographie par une fouille de données orchestrée par *CASI*, et d'autre part réduire la complexité de stockage, ainsi que le temps de calcul. Seule la modélisation booléenne de la cartographie est décrite dans ce papier.

3.2 La machine cellulaire *CASI*

Malgré les qualités des différentes stratégies de représentation des connaissances, nous avons opté pour le principe booléen [1,5] de la machine *CASI* [2]. Le processus général d'apprentissage automatique que la machine cellulaire *CASI* applique à une population d'apprentissage est organisé en quatre étapes (Fig. 3):

1. Initialisation du graphe d'induction par automate cellulaire (coopération entre les modules **COG** et **CIE**);
2. Optimisation du graphe d'induction booléen (coopération entre les modules **COG** et **CIE**);
3. Génération des règles de transition (coopération entre les modules **COG** et **CIE**);
4. Validation des règles cellulaires (coopération entre les modules **CV** et **CIE**);

Un automate cellulaire est une grille composée de cellules qui changent d'état dans des étapes discrètes. Après chaque étape, l'état de chaque cellule est modifié selon les états de ses voisines dans l'étape précédente. Le moteur d'inférence du système cellulaire (*CASI*) utilise deux couches finies d'automates finis. La première couche, *CELFAIT*, pour la base des faits et, la deuxième couche, *CELREGLE*, pour la base de règles. Les états des cellules se composent de trois parties : *EF*, *IF* et *SF*, respectivement *ER*, *IR* et *SR*, sont l'entrée, l'état interne et la sortie d'une cellule de *CELFAIT*, respectivement d'une cellule de *CELREGLE*.

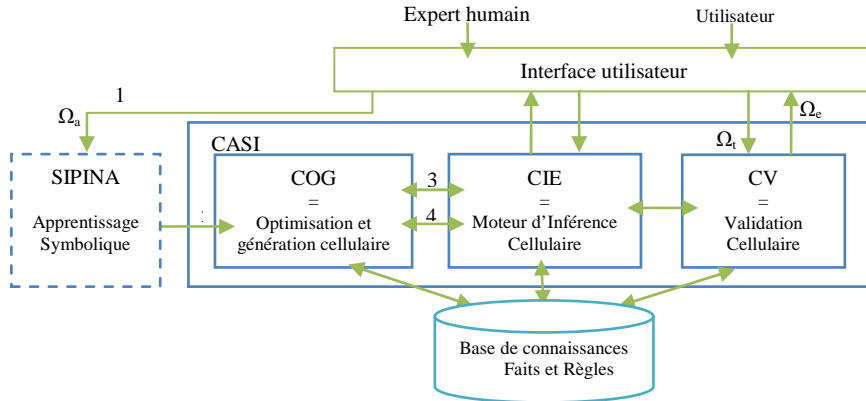


Fig. 3. Diagramme général de la machine cellulaire (CASI) [2]

L'état interne, IF d'une cellule de *CELFAIT* indique le rôle du fait : dans notre graphe $IF = 0$ correspond à un fait du type sommet (s_i), $IF = 1$ correspond à un fait du type *attribut=valeur* ($X_i = valeur$) [2].

Pour définir le voisinage des cellules, nous utilisons les deux matrices d'incidence d'entrée R_E et de sortie R_S de l'automate. R_E et R_S représentent la relation entrée/sortie des faits et sont utilisées en chaînage avant. On peut également utiliser R_S comme relation d'entrée et R_E comme relation de sortie pour lancer une inférence en chaînage arrière [2]. Enfin, La dynamique de CASI pour simuler le fonctionnement du moteur d'inférence *CIE* utilise deux fonctions de transitions δ_{fait} et $\delta_{règle}$, où δ_{fait} correspond à la phase d'évaluation, de sélection et de filtrage, et $\delta_{règle}$ correspond à la phase d'exécution et que toutes les cellules obéissent en parallèle à la même règle appelée fonction de transition locale, qui a comme conséquence une transformation globale du système [2].

3.3 Représentation du graphe d'induction par CASI

Puisque Barroso et Ricciardi [4] ont utilisé le modèle graphique (Fig. 2) pour représenter la cartographie des domaines de connaissances stratégique / métiers critiques, nous considérons la partie du graphe illustrée par la figure 4, extraite de la cartographie de la figure 2, qui explique l'axe planning avec ses thèmes et ses domaines.

Pour illustrer l'architecture et le principe de fonctionnement du module *CIE*, nous considérons la partie du graphe (voir fig. 5), extraite de la figure 4, obtenue en utilisant les partitions S_0 (partition cœur métier) = (s_0), S_1 (partition axes) = (s_1), S_2 (partition Thèmes) = (s_2), S_3 (partition sous-thèmes) = (s_3, s_4), S_4 (partition domaines) = (s_5) et S_5 (partition sous-domaines) = (s_6, s_7).

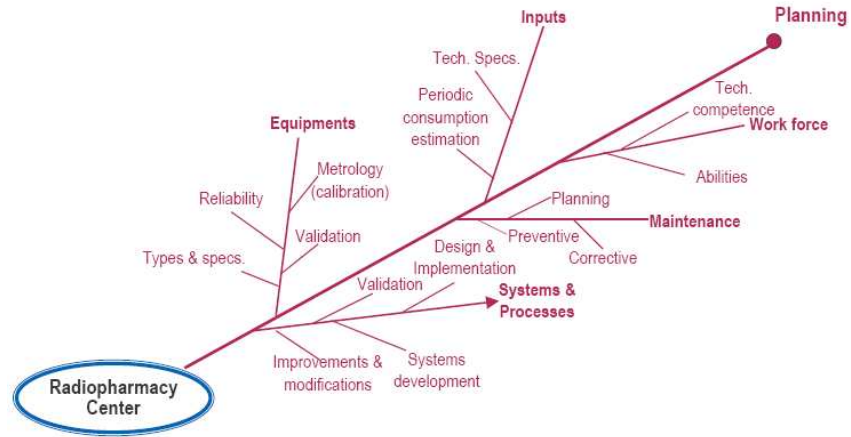


Fig. 4. Cartographie des connaissances à l'IPEN [4]: axe « planning »

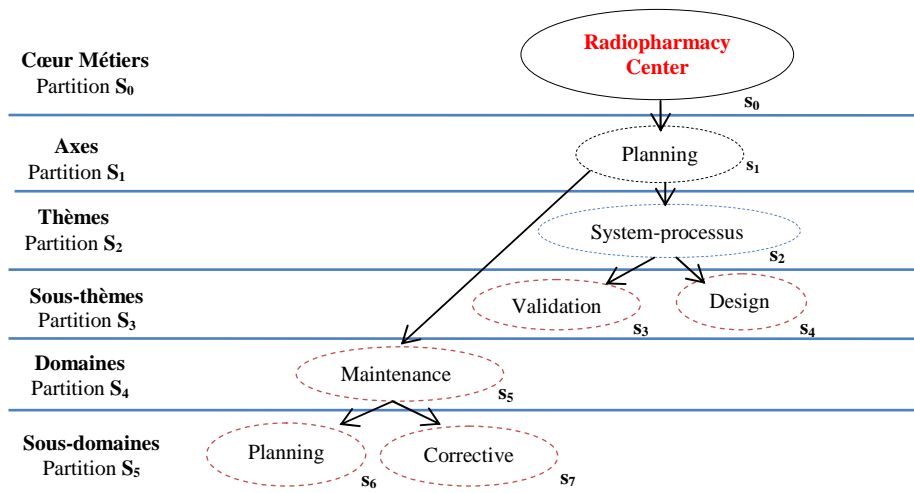


Fig. 5. Construction des partitions $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ de la cartographie

A partir des quelles nous déduisons 7 règles de transition qui sont résumée dans la table 1 de la forme « Si Condition alors Conclusion ».

Où *Condition* est une expression logique composée de conjonctions que l'on nommera *Prémisse* et *Conclusion* la classe majoritaire dans le sommet décrit par la *condition*. Par exemple, la base de connaissances des règles générées avec la machine CASI est donnée dans table 1:

Table 1. Base des connaissances

Règles <i>j</i>	Si	Prémisse	Alors	Conclusion
Règle1	si	{s ₀ }	alors	{axes=Planning, s ₁ }
Règle2	si	{s ₁ }	alors	{themes=System-processus, s ₂ }
Règle3	si	{s ₁ }	alors	{domaines=Maintenance, s ₅ }
Règle4	si	{s ₂ }	alors	{sous-themes=Validation, s ₃ }
Règle5	si	{s ₂ }	alors	{sous-themes= Design, s ₄ }
Règle6	si	{s ₅ }	alors	{sous-domaines=Planning, s ₆ }
Règle7	si	{s ₅ }	alors	{sous-domaines=Corrective, s ₇ }

La figure 6 montre comment la base de connaissances extraite à partir de ce graphe est représentée par les couches *CELFAIT* et *CELREGLE*. Initialement, toutes les entrées des cellules dans la couche *CELFAIT* sont passives ($EF = 0$), excepté celles qui représentent la base des faits initiale ($EF(1) = 1$).

Faits	EF	IF	SF	Règles	ER	IR	SR
s ₀	1	0	0	R ₁	0	1	1
axes=Planning	0	1	0	R ₂	0	1	1
s ₁	0	0	0	R ₃	0	1	1
themes=System-processus	0	1	0	R ₄	0	1	1
s ₂	0	0	0	R ₅	0	1	1
sous-themes=Validation	0	1	0	R ₆	0	1	1
s ₃	0	0	0	R ₇	0	1	1
sous-themes =Design	0	1	0				
s ₄	0	0	0				
domaines=Maintenance	0	1	0				
s ₅	0	0	0				
sous-domaines=Planning	0	1	0				
s ₆	0	0	0				
sous-domaines =Corrective	0	1	0				
s ₇	0	0	0				
	CELFAIT				CELREGLE		

Fig. 6. Configuration initiale de l’automate cellulaire

3.4 La matrices d’incidence entrée/sortie

Dans l’opération suivante nous représentons les matrices d’incidence d’entrée R_E et de sortie R_S de CASI. Ainsi les deux matrices sont formulées comme suit [2], [5], [1]:

1. La relation d’entrée, notée iR_{Ej} , est formulée comme suit:
 $\forall i \in [1, l], \forall j \in [1, r]$, si (le Fait $i \in$ à la Prémisse de la règle j) alors $R_E(i, j) \leftarrow 1$.
2. La relation de sortie, notée iR_{Sj} , est formulée comme suit:
 $\forall i \in [1, l], \forall j \in [1, r]$, si (le Fait $i \in$ à la Conclusion de la règle j) alors $R_S(i, j) \leftarrow 1$.

Notez que les deux matrices R_E et R_S représentent la relation entrée / sortie des faits et son utilisées en chaînage avant et, pour lancer une inférence en chaînage arrière, il faut également utiliser R_S comme relation d’entrée et R_E comme relation de sortie. Enfin, dans le tableau 2 nous représentons respectivement les deux matrices d’incidences R_E et R_S comme suit:

Table 2. Les deux matrices d'incidence d'entrée / sortie de la figure 5

	R_E (relation d'entrée)							R_S (relation de sortie)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
s_0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
axes=Planning	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
s_1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
themes=System-processus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
s_2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
sous-themes=Validation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
s_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
sous-themes=Design	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
s_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
domaines=Maintenance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
s_5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
sous-domaines=Planning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
s_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
sous-domaines=Corrective	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
s_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

3.5 Les fonctions de transition

Comme nous l'avons déjà signalé, la dynamique de l'automate cellulaire *CIE*, pour simuler le fonctionnement d'un *Moteur d'Inférence*, utilise deux fonctions de transitions δ_{fait} et $\delta_{règle}$ qui sont de la forme [2], [5], [1]:

1. La fonction de transition δ_{fait} pour évaluation, sélection et filtrage
 $(EF, IF, SF, ER, IR, SR) \rightarrow \delta_{fait}(EF, IF, EF, ER + (R_E^T \cdot EF), IR, SR)$
2. La fonction de transition $\delta_{règle}$ pour exécution
 $(EF, IF, SF, ER, IR, SR) \rightarrow \delta_{règle}(EF + (R_S \cdot ER), IF, SF, ER, IR, \neg ER)$

Où la matrice R_E^T désigne la transposé de R_E et $\neg ER$ la négation de ER.

En utilisant le principe cellulaire, la figure 7 suivante présente l'état global des deux couches, *CELFAIT* et *CELREGLE*, après évaluation, sélection et filtrage en chaînage avant selon le mode synchrone : application de la première loi de transition δ_{fait} .

<i>Faits</i>	<i>EF</i>	<i>IF</i>	<i>SF</i>	<i>Règles</i>	<i>ER</i>	<i>IR</i>	<i>SR</i>
s_0	1	0	1	R_1	1	1	1
axes=Planning	0	1	0	R_2	0	1	1
s_1	0	0	0	R_3	0	1	1
themes=System-processus	0	1	0	R_4	0	1	1
s_2	0	0	0	R_5	0	1	1
sous-themes=Validation	0	1	0	R_6	0	1	1
s_3	0	0	0	R_7	0	1	1
sous-themes=Design	0	1	0				
s_4	0	0	0				
domaines=Maintenance	0	1	0				
s_5	0	0	0				
sous-domaines=Planning	0	1	0				
s_6	0	0	0				
sous-domaines=Corrective	0	1	0				
s_7	0	0	0				
				CELFAIT			
							CELREGLE

Fig. 7. Configuration obtenue avec δ_{fait}

Nous considérons G_0 la configuration initiale de notre automate cellulaire (voir la Fig. 6) et, $\Delta = \delta_{règle} \circ \delta_{fait}$ la fonction de transition globale : $\Delta(G_0) = G_1$ [2]. Après l'application de la deuxième loi de transition, $\delta_{règle}$, nous obtenons la configuration G_1 , G_2 , et en fin la configuration G_3 . Dans la figure 8 suivante nous présentons la configuration finale G_3 :

<i>Faits</i>	<i>EF</i>	<i>IF</i>	<i>SF</i>	<i>Règles</i>	<i>ER</i>	<i>IR</i>	<i>SR</i>
s_0	1	0	1	R ₁	1	1	0
axes=Planning	1	1	1	R ₂	1	1	0
s_1	1	0	1	R ₃	1	1	0
thèmes=System-processus	1	1	1	R ₄	1	1	0
s_2	1	0	1	R ₅	1	1	0
sous-thèmes=Validation	1	1	1	R ₆	1	1	0
s_3	1	0	1	R ₇	1	1	0
sous-thèmes =Design	1	1	1		CELREGLE		
s_4	1	0	1				
domaines=Maintenance	1	1	1				
s_5	1	0	1				
sous-domaines=Planning	1	1	1				
s_6	1	0	1				
sous-domaines =Corrective	1	1	1				
s_7	1	0	1				
	CELFAIT						

Fig. 8. Configuration finale G_3 obtenue après deux itérations synchrones

3.6 Génération des règles de cartographie

Sous réserve que l'échantillon explicite soit représentatif de la population originelle nous pouvons déduire, à partir de l'axe planning, quatre règles de cartographie $Cart_1$, $Cart_2$, $Cart_3$ et $Cart_4$ qui sont de la forme: Si *Condition* Alors *Conclusion*. La *Condition* est une expression logique composée de conjonction que l'on nommera *Prémisse* et *Conclusion* la classe majoritaire dans le sommet décrit par la conclusion. Les quatre règles de cartographie issues du modèle graphique de la figure 4 sont :

$Cart_1$: Si axes=Planning et domaines=Maintenance et sous-domaines=Planning alors classe majoritaire de s_6 .

$Cart_2$: Si axes=Planning et domaines=Maintenance et sous-domaines=Corrective alors classe majoritaire de s_7 .

$Cart_3$: Si axes=Planning et thèmes=System-processes et sous-thèmes =Validatin alors classe majoritaire de s_3 .

$Cart_4$: Si axes=Planning et thèmes=System-processes et sous-thèmes=Design alors classe majoritaire de s_4 .

4 Conclusion

Deux motivations concurrentes nous ont amenés à proposer un principe cellulaire pour l'optimisation, la génération, la représentation et l'utilisation d'une cartographie booléenne de connaissances. En effet, nous avons, non seulement, souhaité avoir une

carte de connaissances optimale, mais aussi, nous avons, également, souhaité raffiner la construction de cette carte en proposant un nouveau processus de cartographie guidée par la fouille de données. En adoptant la modélisation booléenne, la machine cellulaire CASI optimise la représentation de la carte. Le résultat du modèle ainsi obtenu, est affiné par un processus d'apprentissage automatique symbolique à base de graphe d'induction. Ce raffinement se fait par l'automate cellulaire CIE qui va assister SIPINA (voir figure 3) dans le processus d'extraction de nouvelles connaissances tacites à partir de cas pratiques (connaissances explicites) et assurer, par la suite, une contribution dans le processus général de création et de transfert des connaissances (voir figure 1).

5 Références

1. Abdelouhab F., Atmani B. : Intégration automatique des données semi-structurées dans un entrepôt cellulaire, Troisième atelier sur les systèmes décisionnels, Mohammadia – Maroc, pp. 109-120, 10 et 11 octobre 2008.
2. Atmani B., Beldjilali B. : Knowledge Discovery in Database : Induction Graph and Cellular Automaton, Computing and Informatics Journal, Vol.26, N°2 p.171-197, (2007).
3. Aubertin G. : Cartographier les connaissances critiques : une démarche stratégique pour l'entreprise. In Management des connaissances en entreprise, Ed. Lavoisier. (2004).
4. Barroso A. & Ricciardi R. : Knowledge domains cartography of the radiopharmacy center of IPEN – a case study. Nuclear and Energy Research Institute (*IPEN*). Brazil, (2003).
5. Benamina M., Atmani B. : WCSS: un système cellulaire d'extraction et de gestion des connaissances, Troisième atelier sur les systèmes décisionnels, Mohammadia – Maroc, pp. 223-234, 10 et 11 octobre 2008.
6. Buzan T. et B. Buzan. : *The Mind Map Book*. Plume Books. (1996).
7. Chabot J.L. : Transfert de savoir en hydro-québec perspective et stratégie. Colloque annuel de cerfio atelier N°3, (2006).
8. Ermine J-L & Boughzala I. : Using Cartography to Sustain Inter-Generation Knowledge Transfer: The M3C Methodology. In 2nd International Conference on Intellectual Management, Knowledge Management and Organisational Learning. American University in Dubai. U.A.E, (2005).
9. Ermine J-L. Méthode d'alignement stratégique pour la gestion des connaissances, Plus d'information : [20070920-INT-méthode-gestion-connaissances.pdf](#), p. 11-20, (2007).
10. Guelain C. : Cartographie des connaissances critiques au service de la recherche de la SNCF. Plus d'information (*Internet*): [230-cartographie_sncf.pdf](#), p. 1, (2007).
11. Matta N & Ermine J.L. : knowledge capitalization with a knowledge engineering approach : the MASK method . IJCAT'2001, knowledge management and organisational memory workshop. International Joint Conference on Artificial Intelligence, seattle, Etats-Unis, 4-10 août 2001.
12. Nhien-an le-khac & Lamine M. : Knowledge Management for Distributed Data Mining Environments. In: International journal of computational intelligence, volume 4 - number 3, August 5. ISSN 1304-2386. p. 3-4, (2007).
13. Nonaka I & Takeuchi H. : La connaissance créatrice, la dynamique de l'entreprise apprenante. p. 2-6, (1997).
14. Lavinia C. : La cartographie des connaissances critiques. Plus d'Information (*Internet*): [Dossierdumois64ccc.pdf](#). P.1-12, (2006).
15. Rakotomalala R. (1997). Graphes d'induction, Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat, Université Claude Bernard-Lyon 1.